DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zwölfter Jahrgang. 11. April 1924. Heft 15.

# Über den Feinbau tierischer Fibrillen[1]).

*Von W. J. Schmidt, Bonn.*

*I. Allgemeines über den Feinbau des Tierkörpers.*

Mehr als einmal ist der Versuch gemacht worden, den ganzen Reichtum tierischer Gestaltung auf letzte, *mikroskopisch* abbildbare elementare Formelemente zurückzuführen, so z. B. in der bekannten Waßentheorie von *Bütschli*. Alle jene Bestrebungen haben an Bedeutung verloren, seitdem sich die Erkenntnis Bahn brach, daß der charakteristische Strukturbereich kolloidaler Systeme, aus denen die Organismen ja größtenteils bestehen, *sub*mikroskopischer Größenordnung ist. Vor mehr als einem halben Jahrhundert hat der Botaniker *C. Nägeli* eine Theorie von der submikroskopischen Struktur — dem *Feinbau* der Organismen, wie wir sagen wollen — entworfen, die lange Zeit vergessen oder nur von wenigen Biologen vertreten, in unseren Tagen wieder mehr und mehr Beifall findet (vgl. z. B. *Petersen*), da sie sich in erstaunlicher Weise mit den Befunden deckt, die durch Anwendung des Ultramikroskopes, des polarisierten Lichtes und des röntgenspektrographischen Verfahrens gewonnen wurden[2]).

Ausgehend von den Quellungserscheinungen der Stärkekörner schloß *Nägeli*, daß die „organisierten Substanzen" nicht unmittelbar aus den Molekeln, sondern aus *anisodiametrischen Molekelgruppen* von *Kristallcharakter* erbaut seien, die er *Micelle* nannte (vom lat. mica, micellum = Krümchen). Wie ein Stück Salz sich in Wasser in seine einzelnen Molekeln zerteilt, d. h. löst, so können auch die organisierten Substanzen in geeigneten Flüssigkeiten in ihre Micelle zerfallen, eine Micellarlösung liefern. Die Eigentümlichkeiten solcher Lösungen sind dadurch bedingt, daß die Micelle weniger beweglich sind als Molekeln und das Bestreben haben, sich zu Verbänden aneinander zu legen. Darauf beruht z. B. die Möglichkeit, dünne Fäden aus Micellarlösungen auszuziehen: die Micelle reihen sich kettenartig aneinander und wirken dem Bestreben der beweglicheren Molekeln des Lösungsmittels zur Tropfenbildung entgegen. Beim Gelatinieren einer Leimlösung formen die Micelle ein Gerüstwerk aus Balken, zwischen denen das Wasser eingeschlossen ist. Nicht nur einzelne Micelle können sich zu mehreren oder vielen zusammenlagern, sondern auch wiederum derartige Verbände, und so entstehen schließlich Gebilde von mikroskopischer Größenordnung. Schreitet solche Verwachsung nach allen Richtungen hin gleichmäßig fort, so ergeben sich isodiametrische Körperchen (Granula), bei einseitig bevorzugter Wachstumsrichtung aber Fibrillen. Das den organisierten Substanzen eigene Quellungsvermögen beruht auf der Einlagerung von Wasser zwischen die Micelle, die also im imbibierten Zustand durch Wasserhüllen voneinander geschieden sind. *Nägeli* war sich durchaus bewußt, daß micellar aufgebaute Substanzen auch außerhalb des Organismus vorkommen, wie z. B. die gallertige Kieselsäure.

Vergegenwärtigt man sich, daß das Kennzeichen des kolloidalen Zustandes nach heutiger Definition in einer *bestimmten* (oberhalb der molekularen und unterhalb der mikroskopischen gelegenen) *Dispersität* der Materie gegeben ist, so erhellt die wesentliche Übereinstimmung zwischen *Nägelis* Micellartheorie und den Lehren der Kolloidchemie, was übrigens von letzter Seite durchaus anerkannt wird (vgl. z. B. *Zsigmondy*). Aber auch die besonderen Annahmen *Nägelis* von der anisodiametrischen Gestalt und der *Kristallinität* der Micelle sind durch die Erfahrungen der Neuzeit gerechtfertigt worden.

Von diesen wirkt die letzte sicherlich bei manchen Biologen zunächst befremdend, indem sie z. B. zur Konsequenz führt, daß das Protoplasma (abgesehen von seinen molekulardispersen Anteilen) ein Aggregat submikroskopischer Kriställchen wäre. Doch muß man sich vor Augen halten, daß die Begriffe kolloidal und kristallinisch einander nicht ausschließen: wie bereits gesagt, wird der kolloidale Zustand einzig durch den Dispersitätsgrad, einen quantitativen Faktor, bestimmt, der kristalline aber durch *raumgittermäßige Anordnung der Atome* bzw.

[1]) Nach einem in der Niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde (Naturw. Abt.) Bonn am 12. Dez. 1923 gehaltenen Vortrag.

[2]) Auch andere spätere Forscher (z. B. *Pfeffer*, *Th. W. Engelmann*, *Altmann*, *Apáthy*, *M. Heidenhain*, *J. Bernstein*) vertreten Theorien vom submikroskopischen Bau der Organismen, wobei ihnen z. T. die Elementarteile als *lebend* gelten, ein Standpunkt, den ich nicht zu teilen vermag. Da aber nur *Nägeli* die *Kristallinität* der Elementarteile, die in den folgenden Ausführungen eine wesentliche Rolle spielt, mit Entschiedenheit unter den Biologen verfochten hat, so gehe ich auf die Lehren der übrigen im allgemeinen nicht näher ein, sondern verweise auf die treffliche und kritische Übersicht, die *A. v. Tschermak* in seiner „Allgemeinen Physiologie" (Bd. *I*, 2, 1924, Berlin, der während der Drucklegung dieses Vortrages erschien), gegeben hat. *v. Tschermak* behandelt auch kurz das „Kristallinitätsproblem".

Molekeln, also einen qualitativen Faktor. Wenn daher ein System gemäß der Größe seiner Teilchen kolloidalen Charakter besitzt, ist damit noch nicht darüber entschieden, ob in den einzelnen Teilchen völliges Durcheinander der Molekeln herrscht, d. h. die Teilchen amorph sind, oder aber ob die Molekeln bestimmte, insbesondere raumgittermäßige Anordnung besitzen, d. h. die Teilchen kristallinisch sind.

*Nägeli* konnte seinerzeit für die kristallinische Natur der Micelle nicht viel mehr als die *Doppelbrechung* der organisierten Substanzen schlechthin ins Feld führen. Da jedoch optische Anisotropie auch bei Mangel eines Raumgitters unter gewissen Umständen erscheinen kann, so stellt ihr Nachweis an sich keinen zwingenden Beweis für die Kristallinität der Micelle dar; erst die in der letzten Zeit erfolgte eingehende Untersuchung der Doppelbrechung von Kolloiden insbesondere durch *H. Ambronn* hat die Berechtigung der Nägelischen Annahme, auch soweit sie sich auf die optischen Verhältnisse stützte, dargetan.

Es ist aber bekannt, daß *v. Weimarn* in zahlreichen Arbeiten ganz allgemein den Standpunkt vertreten hat, daß die disperse Phase kolloidaler Systeme *durchweg kristallinisch* ist. Er verweist z. B. darauf, daß der Experimentator durch die Wahl der Bedingungen es in der Hand hat, dieselbe Substanz einmal als deutlich kristallinischen Niederschlag, das andere Mal aber in höher dispergiertem Zustand als *Gallerte* zu erhalten, deren Elemente in manchen Fällen unmittelbar als winzigste Kristalle mikroskopisch kenntlich waren. Gallertbildung ist *v. Weimarn* ein mit Kristallisation identischer Prozeß.

Aber auch wenn man nicht so weit geht wie *v. Weimarn*, wird man sich doch die Frage vorlegen müssen, unter welchen Umständen die Teilchen eines kolloidalen Systems Raumgitterbau besitzen werden. Da hat nun jüngst *F. Haber* darauf hingewiesen, daß für das Auftreten ungeordneter (amorpher) oder geordneter (kristallinischer) Molekelaggregate das *Verhältnis von Häufungs-* und *Ordnungsgeschwindigkeit* maßgebend ist. Entsteht ein Niederschlag so schnell, daß den freien Molekeln keine Zeit bleibt, sich zu ordnen, so kommt es zur Bildung regelloser Haufwerke von Molekeln ohne Kristallcharakter. Die Ordnungsgeschwindigkeit wird aber immer hinreichen, Raumgitter zu erzeugen, wenn die *Häufungsgeschwindigkeit* (die vom Überschreiten der Löslichkeit beim Ausfällen und der Beweglichkeit der Teilchen in der Flüssigkeit abhängt) *genügend herabgesetzt ist*. Das trifft nun, wie *Haber* selbst betont, gerade für die Strukturentstehung im Organismus zu, die sich im Vergleich zur Niederschlagsbildung bei chemischen Experimenten überaus langsam vollzieht, so daß es unverständlich wäre, wenn die Gebilde der lebenden Welt amorph und nicht kristallinisch seien.

Wir sind aber in der glücklichen Lage, die Kristallinität der Micelle, welche gemäß den voraufgegangenen Erörterungen als eine naheliegende Annahme gelten kann, auch der unmittelbaren Prüfung zu unterziehen. Früher galt als Kennzeichen eines Kristalls vor allem sein Vermögen, bestimmte äußere Begrenzungsflächen auszubilden. Die „Tracht" ist indessen, wie alle anderen Symmetrieeigenschaften der Kristalle, eine Folge des Raumgitterbaues; daher hat man *diesen* in der heutigen Definition des Kristalls mit Recht in den Vordergrund gestellt. Anwesenheit eines Raumgitters verrät sich aber durch Beugungswirkung auf Röntgenstrahlen, so daß jetzt *Röntgenstrahlinterferenz* geradezu zum *Kriterium des kristallinischen Zustandes* geworden ist. Nun wirkt aber auch die disperse Phase vieler kolloidaler Systeme beugend auf Röntgenstrahlen, wie mittels des Debye-Scherrerschen Verfahrens nicht nur für kolloidales Gold, Kieselsäure und andere anorganischen Kolloide, sondern auch für „organisierte Substanzen" aus Tier- und Pflanzenkörper wie Zellulose und Seide gezeigt werden konnte. Diese Körper verhalten sich also tatsächlich wie *Aggregate submikroskopischer Kriställchen*.

Die Annahme *kristallinischer* Micelle führt auch zu bestimmten Vorstellungen über die *strukturierenden Kräfte* in Kolloiden und *im Organismus* insbesondere. Wie die Micelle selbst den anziehenden und richtenden Kräften der Molekeln und Atome ihre Entstehung verdanken, die man mit guten Gründen den Valenzkräften der Chemie für wesensverwandt hält, so wird man diese Kräfte auch für das Zusammentreten der Micelle zu *Micellverbänden* verantwortlich machen dürfen. Denn ein Kristall vermag nicht nur einzelne Molekeln seinem Raumgitter einzugliedern, sondern Kristalle wirken auch aufeinander richtend. Am auffälligsten sind solche Erscheinungen wohl bei den polyedrischen flüssigen Kristallen von Ammoniumoleat, die nach *O. Lehmanns* Beobachtung bei Berührung miteinander zu einem größeren Individuum verschmelzen. Aber auch die von *F. Rinne* als Sammelkristallisation bezeichnete Vereinigung benachbarter Kristalle größerer Stabilität, die sich als Kornvergröberung von Gesteinen äußert, und das als Entglasung bekannte Fortschreiten der Kristallisation in unterkühlten Schmelzen, bei denen das Auswachsen der Kristallkeime zunächst unterblieb, werfen Licht auf die Richtkräfte, die zwischen Kristallen wirksam sind. Nach der Ansicht verschiedener Forscher darf man vielleicht annehmen, daß bei jeder Kristallisation zunächst zahlreiche submikroskopische Individuen entstehen, die durch Sammelkristallisation zu einem sichtbaren Kristallkeim werden.

Mit gutem Recht wird man also auch das Zusammenscharen der kristallinischen Micelle auf die genannten Richtkräfte zurückführen dürfen. Daß in den Verbänden die Raumgitter der Micelle nicht zu einem einzigen durchgehenden

verschmelzen, sondern ihre Individualität gewahrt bleibt, läßt sich sowohl aus der Anwesenheit der Wasserhüllen verstehen, welche die Micelle mit großer Zähigkeit festhalten, als auch aus der beträchtlichen Größe der Micelle, infolge deren sie den Richtkräften nur mehr *unvollkommen* gehorchen: denn in der Regel sind in den organisierten Substanzen die Micelle nicht mit allen gleichwertigen Richtungen parallel gestellt wie die Atome eines Kristalls, sondern nur mit *einer* bevorzugten. Damit ergibt sich eine bemerkenswerte — übrigens nicht die einzige — Parallele zwischen den organisierten Substanzen und den tropfbar flüssigen Kristallen *O. Lehmanns*, bei denen nach der Ansicht dieses Forschers die Molekeln nur mit ihren Hauptachsen ausgerichtet sind, während die Lage der Nebenachsen nicht festgelegt ist.

Auf die Übereinstimmungen, die zwischen Kristallisationsvorgängen und Strukturentstehung in kolloidalen Lösungen bestehen, hat u. a. vor einigen Jahren *G. Weißenberger* hingewiesen: gleich den Lösungen kristallisierender Salze zeigen Dispersoide beim Überschreiten einer bestimmten Konzentration das Bestreben nach einer regelmäßigen Zusammenordnung ihrer Primär- und Sekundärteilchen, und wie übersättigte Lösungen auf Impfen mit einem Kristallkeim reagieren, so beschleunigt auch das Einbringen eines Strukturelements einer verwandten Lösung die Strukturbildung in kolloidalen Lösungen.

Aber auch eine weitere Analogie zwischen Kristallisation und Strukturbildung im Organismus ist der Beachtung wert: das Raumgitter eines Kristalls kann nur aus untereinander völlig gleichen oder mindestens sehr ähnlichen (isomorphen) Bausteinen aufgeführt werden. Sammelkristallisation und Entglasung (s. o.) lehren weiter, daß in erster Linie auch Kristalle von gleichem oder verwandtem Raumgitter aufeinander richtend wirken. Entsprechendes gilt auch für die Micelle, und so wird verständlich, daß in dem verwickelten chemischen Geschehen innerhalb einer Zelle die Teilchen *gleicher* Art sich zu Micellverbänden zusammenfinden, also Strukturen von größerer Festigkeit im Tierkörper stets im wesentlichen aus chemisch einheitlicher Substanz (oder einem Gemenge nahestehender Verbindungen), nicht etwa unmittelbar aus dem vielseitig zusammengesetzten Protoplasma gebildet sind.

Sehen wir aber in der Strukturentstehung in Kolloiden und insbesondere im Organismus einen der Kristallisation verwandten Prozeß, so ergibt sich eine einheitliche Auffassung für den ganzen Feinbau vom atomistischen bis zum mikroskopischen, ja zum makroskopischen Größenbereich.

Ein Rückblick auf die vorausgegangenen Darlegungen läßt wohl erkennen, daß *Nägelis* Theorie von den kristallinischen Micellen mehr Beachtung von seiten der Biologen verdient, als sie bisher gefunden hat, daß weiterhin auch die neueren Ergebnisse über den Feinbau der leblosen Materie von größter Bedeutung für das Verständnis der Strukturen der lebenden sind. Zwar hat es in älterer und jüngerer Zeit nicht an Vergleichen des Organismus mit einem Kristall oder seiner Regenerationsvorgänge mit Kristallregeneration gefehlt. Aber nicht mit solchen vagen Analogien, sondern mit der Übertragung der Methoden, die sich bei der Erforschung des Feinbaues der leblosen Materie bewährten, auf die Untersuchung des Tier- und Pflanzenkörpers, werden wir dem Rätsel des Lebens näher kommen, soweit es ein Strukturproblem ist.

### *2. Über den Feinbau tierischer Fibrillen im besonderen.*

#### *a) Vorbemerkungen.*

Von allen morphologischen Strukturelementen eignen sich die *Fibrillen* am besten für eine eindringende Untersuchung ihres Feinbaues nicht nur wegen ihrer weiten Verbreitung und ihres Vorkommens in Massen größerer Ausdehnung und chemisch einheitlicher Beschaffenheit, sondern vor allem, weil es sich hier um *gesetzmäßig aufgebaute Micellverbände* handelt, deren physikalische Eigenschaften Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der einzelnen Micelle erlauben, selbst wenn diese nicht unmittelbar der Untersuchung zugänglich sind. Wir verstehen unter der Bezeichnung Fibrille alle fädigen Strukturen, mögen sie nun innerhalb (z. B. Myo-, Neuro-, Glia-, Tonofibrillen, Spindelfasern und Astern bei der Mitose) oder außerhalb der Zellen (kutikulare, kollagene, elastische Fibrillen) sich befinden oder Anhänge derselben darstellen (Cilien der Flimmer- und Geißelepithelien, auch der Protozoen, Schwanzfäden der Spermien, dünnfädige Pseudopodien [Filopodien, Stereopodien]) oder in Körperflüssigkeiten auftreten (Fibrinfäden) oder aus Sekreten hervorgehen (Spinnfäden). Wie verschieden auch chemische Zusammensetzung und biologische Bedeutung dieser Gebilde sein mag, so erweist sich die Übereinstimmung ihrer äußeren Form nicht als zufällig oder nebensächlich, sondern als eine Folge ihres Feinbaues.

#### *b) Genetische Unterlagen für den Feinbau der Fibrillen.*

Der Entstehungs*vorgang* tierischer Fibrillen ist bisher nur in wenigen Fällen der direkten Beobachtung zugänglich geworden, wie bei der achromatischen Figur der Mitose, dem Auswachsen der Spermiengeißeln (*Goldschmidt*), der Bildung von Pseudopodien und Cilien. Aber nur in einem einzigen Falle, bei der Entstehung der *Fibrinfäden*, konnte das *Zusammentreten der Micelle zur Fibrille* im Dunkelfeld (Ultramikroskop) *unmittelbar erkannt* werden (*Hekma*). Seit langem wußte man, daß die Fibrinfäden im Blutplasma, gleich Kristallnadeln in ihrer Mutter-

lauge, durch Ansetzen *un*sichtbarer Teilchen sich vergrößern, und in neuerer Zeit hat vor allem *Stübel* auf die Ähnlichkeit dieses Vorgangs mit einem Kristallisationsprozeß hingewiesen. *Hekma* ist es nun gelungen, durch Zusätze zum Blutplasma das Fibrin zunächst in Form kaum wahrnehmbarer Ultramikronen zur Abscheidung zu bringen; diese wuchsen nach und nach zu etwas größeren *länglichen Ultramikronen* und Mikronen von Nadel- und Fädchenform heran und dann *legten sich* diese *längs zu kleineren und größeren Fibrillen* aneinander. Damit ist aber das Micellargefüge geschaffen, das uns bei den Fibrillen immer und immer wieder begegnen wird und ihr Wesen ausmacht. Nach *Hekma* kommt allen morphologisch noch so verschiedenen Gerinnungsformen des Fibrins dieselbe Struktur und Entwicklungsgeschichte zu; sie sind sämtlich aus länglichen Mikronen und Ultramikronen aufgebaut. So stellt er dann fest, daß die Nägelischen Vorstellungen von einem micellaren Aufbau der organisierten Substanzen im wesentlichen für das Fibrin zutreffen und, wenn er auch lieber die Fibrinentstehung einen Entquellungsvorgang als einen Kristallisationsprozeß nennen möchte, so nimmt er doch keinen Anstand, die Ausscheidung des Fibrins als *Micellarkristallisation* zu bezeichnen.

Mit der gewöhnlichen Entstehung der Fibrinfäden zeigt die Bildung der fadenförmigen, auffallend stabilen (Knickung, Abbrechen!) oft mit deutlich erkennbaren festeren Achsen versehenen Pseudopodien — *Stereopodien* — mancher Rhizopoden eine bemerkenswerte Ähnlichkeit, wie vor allem *Dofleins* Dunkelfeldbeobachtungen an Foraminiferen lehren. Man sieht das Pseudopodium als leuchtenden, feinen, glatten Strahl schnurgerade auswachsen, ja manchmal rasch aufschießen. Anfangs besteht es anscheinend aus dem Achsenfaden (Stereoplasma) allein; erst später erhält es einen leichtflüssigen Überzug von „Rheoplasma", das auf ihm nachströmt und, an der Spitze des Fadens angelangt, einen neuen Achsenfaden aufschießen läßt. So entsteht immer neues Stereoplasma aus Rheoplasma, und umgekehrt wird beim Einziehen eines Pseudopodiums der Achsenfaden in Rheoplasma rückverwandelt, wobei zunächst Verbiegungen und Runzelungen der Pseudopodien einsetzen und ihr Erweichen dartun. Man wird wohl kaum fehlgehen, wenn man im Hinblick auf die Analogie zur Fibrinbildung annimmt, daß auch hier eine Micellarkristallisation vorliegt: im Rheoplasma sind die stäbchenförmigen Micelle infolge der reichlichen Anwesenheit intermicellaren Wassers ungeordnet und frei beweglich; bei der Entstehung des Achsenfadens schwindet das intermicellare Wasser, die Micelle rücken näher beisammen, ordnen sich untereinander und zur Pseudopodienachse parallel, und so kommt es zur Bildung des stabilen Achsenfadens, die man also mit Rücksicht auf das Verhalten des intermicellaren Wassers als einen Entquellungsprozeß bezeichnen kann. Beim Einschmelzen des Stereoplasmas wird wieder mehr Wasser zwischen die Micelle eingelagert, d. h. der Achsenfaden quillt, die Micelle werden frei beweglich, und die Oberflächenkräfte des intermicellaren Wassers lassen das Pseudopodium zu einem Plasmatropfen zusammenfließen.

Auch die Entwicklung der *Schwanzfäden der Spermien* bietet nach *Goldschmidts* Untersuchungen am Explantat (bei einem Schmetterling Samia cecropia) große Ähnlichkeit mit der Entstehung der bisher besprochenen fibrillären Bildungen dar. Brachte insbesondere der erwähnte Forscher Hodenfollikel in reine Ringerlösung, so wuchsen in wenigen Sekunden aus den Zellen eine oder mehrere Pseudopodien aus, die sich mit einem Schlag in Geißeln verwandelten, wobei auf ihrer Oberfläche Tröpfchen erschienen und ein glatter Achsenfaden sichtbar wurde, der also allem Anschein nach durch einen Entquellungsvorgang zustande kommt. Da normalerweise die Bildung des Schwanzfadens vom *Zentriol* der Spermatide ausgeht, und ähnlich die Entwicklung der — nach neueren Untersuchungen ebenfalls mit starrer Achse versehenen — Cilien der Wimperepithelien von den Basalkörnern, so wäre es nicht absurd, Zentriolen und Basalkörnern die Rolle von Keimzentren zuzusprechen, ähnlich wie bei der Fibrinbildung die Fäden meist von Blutplättchenhaufen ausgehen. überhaupt bei Kristallisationsvorgängen in der Mutterlauge befindliche Fremdkörper den erst ausfallenden Kristallen oft zum Ansatz dienen. Entsprechende Vorstellungen ließen sich auch natürlich für die Ausbildung der Strahlungen entwickeln, die in Abhängigkeit vom Zentriol bei der *Mitose* auftreten. —

Für eine Entstehung der Fibrillen (ganz allgemein) durch Kristallisation hat sich in neuerer Zeit *W. Biedermann* ausgesprochen.

In den bisher besprochenen Fällen gaben sich die Micelle durch ihre eigenen bzw. die in dem kolloidalen System selbst herrschenden Kräfte eine gesetzmäßige Anordnung, und zwar parallel mit ihrer Länge zur Faserachse. Es liegt aber auf der Hand, daß man ähnliche Orientierung der Micelle auch durch *äußere Einwirkungen* erzielen kann. *v. Ebner* stellt fest, daß *Fäden, die man aus kolloidalen Lösungen herstellt* (z. B. durch Einspritzen von Hühnereiweiß bzw. Leim durch feine Röhren in absoluten Alkohol oder durch Ausziehen von Schleim zwischen zwei Pinzetten in absolutem Alkohol), eine mehr oder weniger ausgesprochen *fibrilläre Struktur* zeigen (und zugleich doppelbrechend werden). Wesentlich in der gleichen Weise bilden sich aber die *Spinnfäden* bei Schmetterlingsraupen und anderen Insekten, bei Spinnen, die Byssusfäden der Muscheln usw.: ein zähflüssiges Sekret wird aus einer feinen Drüsenmündung herausgepreßt oder -gezogen und nimmt so die Gestalt eines Fadens

an, der bald erstarrt. Auch diese Spinnfäden zeigen oft eine feinfibrilläre Zusammensetzung (Fig. 1), und das gleiche gilt von den zum Nestbau verwandten Speichelfäden der Salangane, die eine unmittelbare Parallele zu *v. Ebners* Versuchen mit menschlichem Speichel darstellen. Es ist aber einleuchtend, daß die mechanische Bewirkung solcher kolloidalen Lösungen an sich nicht fähig wäre, eine fibrilläre Struktur der Fäden hervorzurufen, wenn nicht die Micelle dieser Lösungen anisodiametrische Gestalt besäßen: beim Durchgang des Sekretes durch die feinen Öffnungen oder beim Ausziehen in Fäden werden die Micelle mehr oder weniger vollkommen untereinander und der Fadenachse parallel ausgerichtet und bei seinem Erhärten in dieser Lage festgehalten. Dem gemäß zerklüftet sich das Micellargefüge beim Erstarren des Fadens mehr oder minder nach der Länge, der Faden bekommt fibrilläre Struktur, wodurch sich sein Feinbau der mikroskopischen Beobachtung verrät.

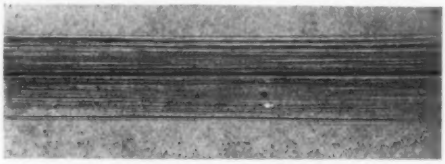


Fig. 1. Doppel-Spinnfaden eines Schmetterlings (Attacus pernyi) von ausgesprochen fibrillärem Bau. Vergr. 250 : 1. (Photogramm.)

Daß unter den genannten und ähnlichen Einwirkungen anisodiametrische, in Flüssigkeiten befindliche Teilchen achsenparallel ausgerichtet werden, ist an sich wahrscheinlich, ja überzeugend. Es kann dann unmittelbar beobachtet werden, wenn die Teilchen mikroskopische Größe besitzen (Wachskriställchen in Fäden, die man aus Balsam auszieht, dem vorher Wachs beigeschmolzen wurde). Sonst ist man darauf angewiesen, die Ausrichtung mittelbar zu erschließen, wie z. B. aus der Doppelbrechung, die der Faden im Gegensatz zum Sekret mit ungeordneten Micellen darbietet[3]). *Disselhorst* und *Freundlich*, ferner *Reinders* und *Zocher* haben beobachtet, daß kolloidale Lösungen von Vanadiumpentoxyd, die stäbchenförmige Ultramikronen enthalten, beim *Fließen* und *Rühren* doppelbrechend werden, indem die Ultramikronen sich ordnen. *O. Lehmann* konnte zeigen, daß Kampher, eine mikrokristallinische Masse, beim Durchpressen durch feine Stahlkapillaren Fäden mit bestimmter Orientierung der Kriställchen lieferte. Ähnlich hat neuestens *Polanyi* durch Prüfung der Röntgendiagramme dargetan, daß Metalle, die in unbearbeitetem Zustand regellose, mikrokristallinische Aggregate darstellen, z. B. Kupfer, durch das Ausziehen zu Drähten eine bestimmte Anordnung der Kriställchen in bezug auf die Faserachse annehmen.

*v. Ebner* ist im Hinblick auf seine eben genannten Versuche und die noch genauer zu besprechende Doppelbrechung tierischer Fasern geneigt, ganz allgemein bei der Prägung fibrillärer Strukturen im Organismus das *Vorhandensein orientierter Spannungen* während ihrer Entstehung als ein *wesentliches Moment* zu betrachten, wobei er übrigens nicht mit einer anisodiametrischen Gestalt der Micelle rechnet, vielmehr annimmt, daß infolge der Spannung die Teilchen in der Längsrichtung der Faser größere Abstände einhalten als in der Querrichtung. Neuestens stimmt auch *Giersberg* im allgemeinen den Vorstellungen *v. Ebners* zu: er fand, daß die Fasern, welche die Schalenhaut des Eidechsen- und Vogeleies bilden (sie ähneln in ihren Eigenschaften den elastischen), durch die Rotation des Eies im Eileiter aus dem klebrigen Sekret der tubulösen Uterusdrüsen ausgezogen und um das mit seiner Eiweißhülle versehene Ei herumgelegt werden; und wenn er die Schalenhaut (oder auch Stücke des Nackenbandes vom Ochsen) durch Kochen mit Kalilauge in eine formlose klebrige Masse rückverwandelte, so ließen sich daraus Fäden ausziehen, die nach Neutralisation mit Essigsäure dieselben Eigenschaften zeigten wie die natürlichen Fasern.

Obwohl die Spinnfäden, Schalenhautfasern und verwandten Gebilde zweifellos durch mechanische Beeinflussung ihrer Muttersubstanz entstehen, und *v. Ebners* Theorie der Fibrillenbildung ohne weiteres erklärt, warum der Fibrillenverlauf in zahlreichen Fällen offensichtlich der Richtung größter mechanischer Beanspruchung im fertigen Zustande parallel geht, so kann sie doch nicht alleinige Gültigkeit beanspruchen. Denn die Bildung der Fibrinfäden, der Spermiengeißeln und der Stereopodien vollzieht sich augenscheinlich ohne wesentliche Mitwirkung von Spannungen, vielmehr durch einen Vorgang, den der Biologe schlechthin als Wachsen bezeichnet, und der sich im Rahmen unserer Betrachtung als ein der Kristallisation verwandter Prozeß erwies. Daß Micellarkristallisation auch bei der Entstehung solcher Fibrillen wirksam ist, deren Bildungsvorgang bisher noch nicht der unmittelbaren Beobachtung zugänglich war, ist höchst wahrscheinlich und vor allem da anzu-

[3]) Wenn *A. v. Tschermak* (a. a. O., S. 288) anführt, daß die „temporär fibrillisierten" Scheinfüßchen der Radiolarien einfachbrechend seien, so ist zu bedenken, daß der Nachweis der Doppelbrechung an so außerordentlich feinen Gebilden (vor allem aus einer Masse von geringer absoluter Stärke der optischen Anisotropie) überaus schwer zu führen ist. Auch eine einzelne Myofibrille zeigt so gut wie keine Doppelbrechung, während die summierte Wirkung zahlreicher Fibrillen in einer Muskelfaser ohne weiteres ihre Doppelbrechung zu erkennen gibt. Dieselbe Erwägung gilt auch für die Beobachtung, daß die Myofibrillen des embryonalen Herzens nach Angabe einiger Autoren erst längere Zeit nach ihrem Sichtbarwerden Doppelbrechung erkennen lassen.

nehmen, wo Fibrillen sich auf engstem Raum in den verschiedensten Richtungen durchkreuzen; denn es ist schwer vorstellbar, daß in einem kleinen Abschnitt des halbflüssigen Bildungsmaterials so verschieden orientierte Spannungen diskret nebeneinander bestehen können.

Dagegen mögen sehr wohl Spannungen in dem sich differenzierenden Substrat für die *Verlaufsrichtung* der durch Micellarkristallisation sich aufbauenden Fibrillen maßgebend sein: die erst entstandenen Fibrillenkeime stellen sich gemäß den herrschenden Spannungen ein und wachsen dann durch das geordnete Ansetzen weiterer Micelle zu Fasern heran, welche also von vornherein die durch die Spannung geforderte Richtung besitzen. *W. Möller* hat im Dunkelfeld beobachtet, daß kollagene Fasern bei fortschreitender Quellung schließlich in stäbchenförmige Micellkomplexe und Micelle zerfallen; es entsteht so eine Gelatinelösung. Erstarrt sie, dann vereinigen sich die Micellkomplexe unter bestimmten Umständen, z. B. bei Einwirkung von Alkohol, wieder zu feinsten Fibrillen, die sich nach allen Richtungen durchkreuzen. Es fehlt also der Gelatine die bestimmte Orientierung und regelmäßige Zusammenlegung dieser feinsten Fibrillen zu Fasern, wie sie bei der Bildung der kollagenen Fasern durch besondere Umstände gewährleistet ist, unter denen Spannungen eine bedeutsame Rolle spielen dürften.

### *c) Morphologische Unterlagen für den Feinbau der Fibrillen.*

Wie die allerdings noch vereinzelten Beobachtungen über den Entstehungsvorgang tierischer Fibrillen, so führt auch, was vor allem *M. Heidenhain* mit Nachdruck in seiner Theorie der kleinsten lebenden Teilkörper (Protomeren) vertreten hat, eine Betrachtung ihrer *mikroskopisch* feststellbaren Eigenschaften zur Überzeugung, daß sie sich aus stäbchenartigen Micellen aufbauen, die mit ihrer Länge der Faserachse parallel gehen (s. Schema Fig. 2a). Unter ihnen ist an erster Stelle die ausgesprochene *Längsspaltbarkeit* vieler tierischer Fibrillen, so vor allem jener der quergestreiften Muskulatur zu nennen, die sich so weit treiben läßt, als die mechanischen und optischen Mittel überhaupt reichen, und die Annahme von mikroskopisch wahrnehmbaren „Elementarfibrillen" als letzter, nicht weiter zusammengesetzter Formelemente als unberechtigt erscheinen läßt. Vielmehr spricht manches dafür, daß die Fibrillen, welche, z. B. bei der Muskelentwicklung, als früheste Anlagen eben in den Bereich mikroskopischer Abbildung treten, bereits submikroskopische Vorläufer haben: das Herz der Wirbeltiere beginnt zu pulsieren, ehe Myofibrillen in ihm nachweisbar sind; da aber rhythmische Kontraktion sonst überall an die Gegenwart von Fibrillen geknüpft erscheint, so wird man auch hier solche, und zwar von submikroskopischer Feinheit, voraussetzen dürfen. Daß sich die Spaltbarkeit der Fibrillen bis ins *sub*mikroskopische Gebiet fortsetzt, lehrt vor allem schön die von *Ballowitz* entdeckte Möglichkeit, durch geeignete Mazerationsmittel die als einheitlichen Faden angelegte Spermiengeißel, deren Dicke sich an oder unter der Grenze mikroskopischer Abbildung hält, in eine *Anzahl* von Fibrillen zu zerlegen. Als natürliches Geschehen begegnet uns Längsspaltung bei der Vermehrung der Myofibrillen, wie aus der Fibrillenanordnung auf dem Faserquerschnitt (Schachtelsystem *M. Heidenhains*), besonders überzeugend an der Muskulatur von Knochenfischen erschlossen werden kann (*F. Maurer, M. Heidenhain*). Auch die vor allem bei den Tonofibrillen der Epidermis und den Neurofibrillen in Nervenzellen und -fasern be-

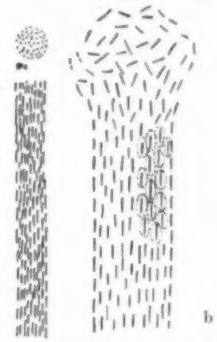



Fig. 2. Schema des Feinbaues einer Fibrille *a* im natürlichen Zustand (oben in Querschnittsansicht); *b* gequollen; die Wasserhüllen sind im Anziehungsbereich einzelner Micelle durch punktierte Linien angedeutet; am oberen Ende der Fibrille geht die Quellung in Lösung über.

kannte *Entbündelung*, d. h. die mehr oder minder unvermittelte, oft pinselartige Aufteilung einer einzelnen Fibrille in zahlreiche Zweige von größerem Gesamtquerschnitt, als die Stammfibrille besitzt, wird von *Heidenhain* mit Recht als eine der Längsspaltbarkeit verwandte Erscheinung betrachtet.

Die ausgeprägte Spaltbarkeit der Fibrillen nach der Länge bekundet ein Minimum ihrer Kohäsion in der Querrichtung und ein Maximum derselben in der Längsrichtung. Sie ist also unvereinbar mit der v. Ebnerschen Anschauung (s. S. 273), daß die Teilchen in der Querrichtung der Faser am dichtesten lägen, in der Längsrichtung aber größere Abstände einhielten; wäre doch alsdann zu erwarten, daß die dichter mit Massenteilchen besetzten *Quer*ebenen der Faser Maxima der Kohäsion, d. h. Spaltflächen, darstellten. Die Längsspaltbarkeit der Fibrillen entspricht aber durchaus der Annahme von ihrem Aufbau aus stäbchenförmigen, der Faserachse parallel gestellten Micellen, wie wohl nicht weiter ausgeführt zu werden braucht (vgl. Fig. 2a unten). Übrigens lehrt der (aus den Heidenhain-

schen Schachtelsystemen erschließbare) Umstand, daß jede durch die Fibrillenachse gelegte Ebene eine Spaltebene sein kann, daß alle radialen Richtungen auf dem Querschnitt der Fibrille untereinander gleichwertig sind, was auch im Einklang mit unserer Vorstellung vom Feinbau der Fibrille ist (vgl. Fig. 2a, oberes Teilbild).

Gleich der Spaltbarkeit wird auch das Verhalten tierischer Fibrillen bei der *Quellung*, das am besten für die kollagenen bekannt ist, aus ihrem micellaren Bau verständlich. Leimgebende Fasern nehmen beim Quellen erheblich an Dicke zu, während die Länge fast unverändert bleibt; d. h. das Wasser wird fast ausschließlich in der Querrichtung der Faser eingelagert. Rechnet man mit *stäbchenförmigen* Micellen, so erscheint es einleuchtend, daß sie mehr Wasser an ihren Längsseiten als an ihren Enden anlagern werden; ihre Wasserhüllen, die man sich natürlich nicht als reell getrennte Anteile, sondern als dem Kraftfeld einer jeden Micelle zugehörige Portionen des in der Faser eingelagerten Quellungswassers vorstellen darf, sind nicht kugelig, sondern ellipsoidal (vgl. Fig. 2b). Unter solchen Umständen muß aber der micellare Bau der Faser bei der Quellung überwiegend in der Quere sich ausweiten.

Werden mit fortschreitender Quellung die Wasserhüllen der Micelle immer umfangreicher, ihre Abstände immer größer, so versagen die intermicellaren Anziehungskräfte, das Micellargebäude gerät ins Wanken, die Micelle nehmen unregelmäßige Lagerung an und trennen sich schließlich; es entsteht eine Micellarlösung (vgl. Abb. 2b oben). Bei der Quellung der kollagenen Fasern konnte *W. Möller* diesen Zerfall in faserförmige Micellkomplexe und Micelle im Dunkelfeld verfolgen.

(Schluß folgt.)

---

# Hochdruckdampf.

*Von A. Heller, Berlin.*

Die Tagung über Hochdruckdampf, die unter Beteiligung von bald 2000 Fachgenossen vom Verein deutscher Ingenieure am 18. und 19. Januar 1924 veranstaltet wurde, hat die Aufmerksamkeit weiter Kreise auf dieses neueste Problem der Krafterzeugung gelenkt, das seit einiger Zeit, wie man wohl sagen kann, die Ingenieure der ganzen Welt beschäftigt.

Während man sich nämlich bisher bei Krafterzeugungsanlagen mit Dampfbetrieb auf Dampfdrücke von etwa 20 kg/cm² beschränkt hatte, gehen die neuen Bestrebungen darauf aus, den Dampf mit wesentlich höherem Druck, bis zu 100 kg/cm², in die Kraftmaschine einzuleiten, weil sich dann schon rein wärmetheoretisch gegenüber dem Betrieb mit niedrigeren Drücken ein nicht unwesentlicher Gewinn an Nutzarbeit bei gleichem Aufwand an Brennstoff unter dem Dampfkessel ergibt. Die Erklärung dafür liefern die Eigenschaften des Wasserdampfes, dessen Druck man in den höheren Lagen schon durch verhältnismäßig geringe Wärmezufuhr wesentlich steigern kann, weil seine spezifische Wärme mit steigendem Druck stark abnimmt, dessen Arbeitsvermögen aber mit steigendem Druck trotzdem stark zunimmt.

Man hat zwar diese Eigenschaften des Wasserdampfes auch schon früher gekannt, aber wegen der großen Betriebsschwierigkeiten immer Bedenken gegen die Erhöhung des Dampfdruckes gehegt. Daß man heute aber geneigt ist, diese Bedenken fallen zu lassen, hat verschiedene Gründe: vor allem haben die Fortschritte in der Technik der Dieselmotoren dazu gezwungen, nach Mitteln zu suchen, um auch beim Dampfbetrieb die Ausnützung der Brennstoffwärme zu verbessern, abgesehen davon, daß die hohen Brennstoffpreise an und für sich zu größter Sparsamkeit im Brennstoffverbrauch drängen. Dann aber haben erst neuere Forschungen der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft in Kassel, worüber *Hartmann* auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure 1921 berichtete, gezeigt, daß man unerwartet große Wärmeersparnisse durch Drucksteigerung bei solchen Anlagen erzielen kann, welche, wie z. B. in chemischen oder in Zuckerfabriken, viel Dampf für die Zwecke der Fabrikation verbrauchen. In solchen Anlagen kann der Dampf in den Maschinen nicht bis auf den Druck des Kondensators expandieren, sondern er wird mit einem wesentlich höheren Druck den Maschinen entnommen, damit seine Wärme noch für Heizzwecke nutzbar gemacht werden kann. Steigert man in einer derartigen Anlage den Anfangsdruck des Dampfes z. B. von 15 auf 100 kg/cm², so kann man, wenn der Gegendruck in der Maschine 6 kg/cm² beträgt, die Krafterzeugung aus 1 kg Dampf theoretisch um nicht weniger als 83 % verbessern.

Haben sich somit die Aussichten für die Einführung des Hochdruckdampfbetriebes in neuerer Zeit verbessert, so stellt doch seine Verwirklichung in der Praxis noch immer eine Reihe von Problemen dar, deren Lösung, wie die Berichte gelegentlich der Hochdrucktagung bewiesen haben, wohl nur schrittweise möglich sein dürfte. Schon die Frage, bis zu welcher Druckgrenze man unter den heutigen Verhältnissen wirtschaftlich gehen kann, womit sich der Vortrag von Dr.-Ing. *Münzinger*, Berlin, vornehmlich befaßte, ist ein Problem für sich, wenn man dem Leiter einer Dampfkraftanlage ermöglichen will, zu beurteilen, bei

welchem Druck die Mehrkosten für den Bau der Anlage durch die zu erwartenden Ersparnisse an Brennstoffkosten nicht mehr aufgewogen werden. Denn bei einem sogenannten reinen Kraftwerk ist die Ersparnis durch die Drucksteigerung wesentlich geringer als bei einem Kraftwerk, das viel Dampf für Fabrikationszwecke abgeben muß.

Nach den Ergebnissen der Münzingerschen Untersuchungen kann man annehmen, daß man sich in der nächsten Zeit bei den reinen Kraftwerken, also namentlich bei den großen Elektrizitätswerken, mit einer Drucksteigerung auf 35 bis 50 kg/cm² begnügen wird; allerdings hat man hierbei zunächst nur die Hoffnung, an den gesamten Betriebskosten nicht mehr als etwa 3 bis 7 % zu sparen, aber man kann doch die Wärmeausnützung der Brennstoffe auch schon bei diesen Drücken auf ungefähr die gleiche Höhe wie in Dieselmaschinen steigern, wenn man von allen Verbesserungen Gebrauch macht, welche die heute hochentwickelte Dampftechnik und namentlich auch die Feuerungstechnik in der Kohlenstaubfeuerung zur Verfügung stellt.

Ein weiteres, nicht weniger wichtiges Teilproblem der Frage des Hochdruckbetriebes stellt die *Konstruktion der Dampfkessel* für so hohe Drücke dar. Hier leuchtet ohne weiteres ein, daß man nicht daran denken kann, Kesseltrommeln von den für die heutigen Drücke üblichen Durchmessern von 1,5 bis 2 m anzuwenden, weil man sonst zu praktisch unbrauchbar dicken Blechen greifen müßte. Verkleinert man aber den Inhalt des Kessels, so wachsen die Schwierigkeiten, die Dampferzeugung wechselndem Kraftbedarf schnell genug anzupassen. Am größten dürften diese Schwierigkeiten bei einem schwedischen Hochdruckkessel werden, der aus einer Anzahl im Feuer umlaufender gerader Röhren besteht.

Aber auch das heutige Kesselmaterial eignet sich, wie Prof. Dr. *Goerens*, Essen, hervorgehoben hat, nicht für den Bau von Hochdruckkesseln, weil seine Festigkeit bei höheren Temperaturen zu stark abnimmt und namentlich bei längerer Erhitzung leidet. Man wird daher daran denken müssen, Stahlsorten von wesentlich höherer Festigkeit zu verwenden, wie z. B. die mit 3 und 5 % Nickel legierten Nickelstähle. Aus solchem Material hergestellte Kesseltrommeln, die ohne jede Naht aus einem Stück geschmiedet oder gewalzt werden, kann man vor dem Gebrauch einer Warmbehandlung unterziehen, welche die Sicherheit bietet, daß das Material in allen Teilen der Trommel die gewünschte Festigkeit besitzt.

Verhältnismäßig am weitesten ist man bis heute in der Frage gelangt, welche Arten von *Maschinen* man für die Ausnützung des Hochdruckdampfes verwenden soll, wie aus dem Vortrag von Prof. Dr. *Josse*, Charlottenburg, zu entnehmen war. Der Ingenieur, der vor die Aufgabe gestellt wird, eine Kraftmaschine für den Betrieb mit Hochdruckdampf zu entwerfen, kann sich natürlich nicht damit begnügen, festzustellen, wieviel Mehrarbeit ihm 1 kg Dampf vom höheren Druck theoretisch liefern kann; er muß vielmehr prüfen, welche Eigenschaften der Dampf hat und wie die Maschine beschaffen sein muß, welche im wirklichen Betrieb das Höchstmaß von Nutzarbeit ergibt.

Nun kennzeichnet sich der Betrieb mit hochgespanntem Dampf namentlich durch zwei Merkmale: das eine ist, daß der Hochdruckdampf bei der Expansion verhältnismäßig früh naß oder mit Wasser übersättigt wird; denn man kann ihn, da die Dampftemperatur nach oben hin mit etwa 400° begrenzt ist, nicht so stark wie niedriger gespannten Dampf überhitzen. Da aber Wasser im Dampf die Wärmeausnützung beeinträchtigt, muß man trachten, den Dampf stets trocken zu erhalten, indem man ihn, sobald er in das Gebiet der Sättigung gelangt, mittels Frischdampf oder mit besonderem Feuer überhitzt. Dieses Verfahren der sogenannten Zwischenüberhitzung hat man zwar auch schon bei den früheren Dampfanlagen verwendet, es wird aber beim Hochdruckbetrieb, und zwar in mehrstufiger Ausführung, unentbehrlich und ist nicht gerade ein Vorteil, weil diese Zwischenüberhitzer die Einfachheit der Maschinenanlagen stören.

Ein zweites Merkmal des Hochdruckdampfbetriebes ist der große Anteil, welchen das Gebiet des Überdruckes an der aus 1 kg Dampf gewinnbaren Nutzarbeit hat. Während bei 15 kg/cm² Anfangsdruck des Dampfes der Hauptteil der Nutzarbeit erst dann erzeugt wird, wenn der Dampf unter 1 kg/cm² bis auf den Kondensatordruck expandiert, wird bei 100 kg/cm² Anfangsdruck mehr als die Hälfte der Dampfarbeit bei Drücken über 1 kg/cm² abgegeben. Diesen Verhältnissen muß man aber auch die Maschinen anpassen, wenn man die Dampfarbeit mit möglichst geringen Verlusten gewinnen will. Bei der alten Kolbendampfmaschine bereitet dies keine Schwierigkeit, weil ihre Wirkung ohnedies unmittelbar auf der Übernahme des Dampfdruckes auf den beweglichen Kolben beruht. Dagegen beruht die Wirkung der Dampfturbine darauf, daß der Dampfdruck zunächst in Geschwindigkeit umgesetzt und erst diese in den Turbinenschaufeln nutzbar gemacht wird.

Bei diesem Vorgang hat man aber bisher der Ausnützung von höheren Dampfdrücken keine große Beachtung geschenkt; um hohe Temperaturen von den Turbinengehäusen fernzuhalten, hat man vielmehr die Expansion des Dampfes bis auf etwa 1 kg/cm² sehr rasch vorgenommen und sich dabei auch mit etwas schlechterer Ausnützung der Dampfenergie abgefunden. Erst die Frage des Hochdruckbetriebes hat dazu gezwungen, auch im Hochdruckgebiet bessere Ausnützung der Dampfwärme anzustreben, weil man sonst von den Vorteilen des Hochdruckdampfes zuviel hätte opfern müssen. Das Ergebnis dieser Bestrebungen war der Bau ganz neuartiger Dampfturbinen, die sich entweder durch sehr hohe Drehzahlen oder durch

große Stufenzahlen kennzeichnen und die man den in einer Anlage vorhandenen Dampfturbinen einfach als *Hochdruckstufen* vorschalten kann. Man hat so die Möglichkeit geschaffen, vorhandene Dampfkraftwerke mit einem außerordentlich geringen Aufwand an Kapitalkosten durch Einführung des Hochdruckbetriebes auf mehr als das Doppelte ihrer heutigen Leistungsfähigkeit auszubauen.

Im vorstehenden sollte nur der Versuch gemacht werden, die vielen Probleme, welche die Einführung des Hochdruckdampfbetriebes umfaßt, in einer allgemein verständlichen Weise darzustellen. Wegen der Einzelheiten sei auf die ausführliche Veröffentlichung *„Hochdruckdampf"* verwiesen, welche der Verlag des Vereins deutscher Ingenieure vorbereitet und die nicht nur die Vorträge auf der Hochdrucktagung nebst dem sehr ergiebigen Meinungsaustausch, sondern auch einige andere einschlägige Arbeiten umfassen soll.

---

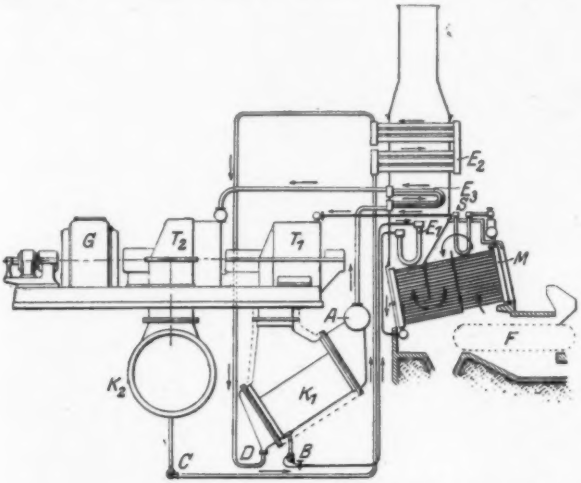
## Die Emmet-Quecksilberdampfanlage.

*Von Friedrich Kaißling, Berlin.*

Die Umsetzung der im Brennstoff enthaltenen chemischen Energie in mechanische oder elektrische Energie gelingt heute über den Weg Dampfkessel—Dampfturbine bei günstigen Bedingungen nicht ganz zum fünften Teil der Brennstoffenergie, während etwa die Hälfte als Abwärme der Dampfmaschine mit deren Abdampf fortgeführt wird und zur Umwandlung in mechanische Energie nicht mehr in Betracht kommt. Diese Verhältnisse sind also im wesentlichen durch die physikalischen Eigenschaften des Wasserdampfes begründet, der den größten Teil der ihm im Dampfkessel zugeführten Energie bei den für den praktischen Betrieb erreichbaren tiefsten Temperaturen ohne zu kondensieren gar nicht abgeben kann.

Mit dem Verbrennungsmotor beschritt man den Weg, die Brennstoffenergie unmittelbar dem Arbeitsmittel in der Kraftmaschine selbst mitzuteilen. Im Dieselmotor erreicht man das bis heute günstigste Verhältnis der gewonnenen mechanischen Energie zur Brennstoffenergie mit etwa 1 : 3. Es gelingt aber nicht, den im allgemeinen wohlfeilsten Brennstoff, die Kohle, auf diese Weise auszunutzen.. Eine Kilowattstunde im Dampfbetrieb gewonnen ist daher meist billiger als die durch die Dieselmaschine erzeugte.

In den meisten Fällen bleibt man also auf den Wasserdampf als Energieträger angewiesen und muß versuchen, die Ausnutzung der Brennstoffenergie auf diesem Wege möglichst günstig zu gestalten, d. h. der Wirkungsgrad ausgedrückt durch das Verhältnis $\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}$ muß möglichst groß werden, worin $Q_1$ die dem Arbeitsmittel zugeführte Wärme und $Q_2$ die unausgenutzte Abwärme vorstellen, die Differenz $Q_1-Q_2$ also die gewonnene mechanische Energie. $Q_2$ ist bei der Dampfturbine mit hohem Vakuum im Kondensator nicht mehr zu verringern, da die Grenze der erreichbaren unteren Temperaturen festliegt. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades bleibt also die Möglichkeit, $Q_1$ zu vergrößern, d. h. die dem Dampf im Dampfkessel mitgeteilte Energie zu er-



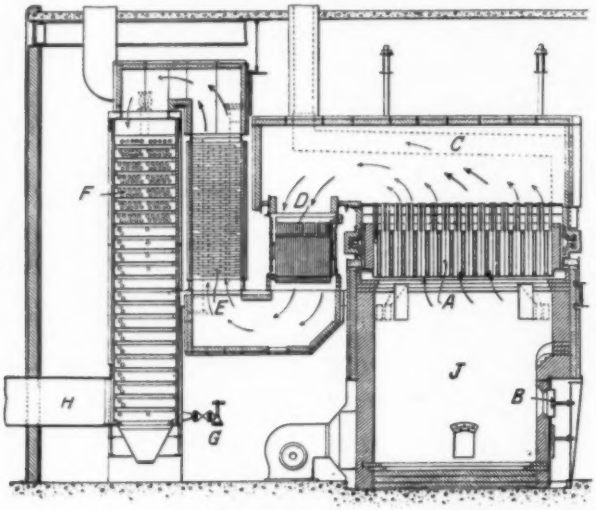

Zeichenerklärung:

- $A$ Wasserdampf-Kesssel.
- $E_1$ Quecksilberdampf-Vorwärmer.
- $E_2$ Wasserdampf-Vorwärmer.
- $E_3$ Wasserdampf-Überhitzer
- $F$ Feuerung.
- $G$ Generator.
- $K_1$ Quecksilberdampf - Kondensator.
- $K_2$ Wasserdampf-Kondensator.
- $M$ Quecksilberdampf-Kessel.
- $T_1$ Quecksilberdampf-Turbine.
- $T_2$ Wasserdampf-Turbine.
- $S$ Quecksilberdampf-Überhitzer.

Fig. 1. Quecksilberdampf-Anlage.

höhen. Bei 100 at und 400° C liegt etwa der erreichbare größte Wärmeinhalt des Wasserdampfes, wobei die Grenze von 100 at durch dessen physikalische Eigenschaften, nämlich den Verlauf der Sättigungslinie, und die Grenze von 400° C durch praktische Rücksichten auf Materialfestigkeit und ähnliches gegeben ist. Durch geeignete Turbinenbauarten ist die Möglichkeit vorhanden, auf diesem Wege Wärmeausnutzungsgrade zu erreichen, die denen des Dieselmotors sehr nahe kommen. Die Bewältigung der hohen Dampfdrücke erfordert besondere technische Mittel, weshalb die Kosten für solche Hochdruckkraftanlagen so groß werden, daß der Kapitaldienst einen Teil des Gewinnes der besseren Wärmeausnutzung wieder aufzehrt. Das Gebiet der größten Wirtschaftlichkeit liegt daher nicht bei 100 at, sondern je nach den sonstigen besonderen Bedingungen etwa zwischen 30 und 80 at.

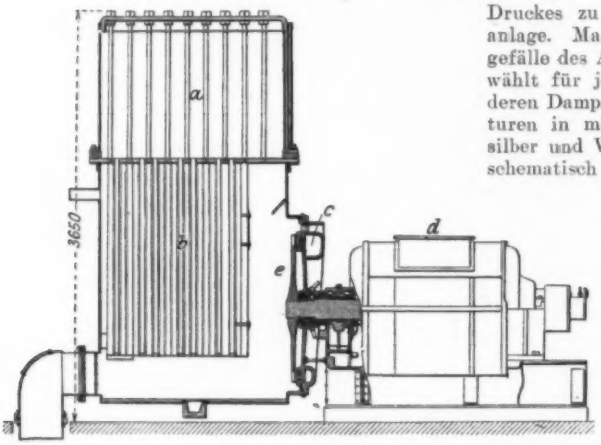
Ein Weg, die Schwierigkeiten des hohen Druckes zu vermeiden, ist die Mehrstoffkraftanlage. Man unterteilt das gesamte Temperaturgefälle des Arbeitsprozesses in 2 bis 3 Stufen und wählt für jedes dieser Gebiete eine Flüssigkeit, deren Dampfdruck bei den betreffenden Temperaturen in mäßigen Grenzen bleibt; z. B. Quecksilber und Wasser. Der Arbeitsvorgang ist dann schematisch angedeutet folgender: Der mit dem Brennstoff geheizte Verdampfer erzeugt Quecksilberdampf von z. B. 400° C und etwa 2,45 at abs, der nach Arbeitsleistung in einer Turbine bei etwa 210° C und 0,05 at abs Vakuum kondensiert. Der Quecksilberdampfkondensator ist gleichzeitig Erzeuger des Wasserdampfes, indem die Kondensationswärme des Quecksilbers die Verdampfung des Wassers bewirkt. Der Wasserdampf




**Zeichenerklärung:**

*A* Quecksilberdampf-Röhrensystem.
*B* Ölbrenner.
*C* Leitung für Quecksilberdampf zur Turbine.
*D* Vorwärmer für flüssiges Quecksilber.
*E* Wasserdampf-Überhitzer.
*F* Speisewasser-Vorwärmer.
*G* Ablaßhahn.
*H* Ableitung zum Kamin.

Fig. 2. Kesselanlage zur Erzeugung von Quecksilberdampf.




**Zeichenerklärung:**

*a* Wasserdampfkessel.
*b* Quecksilberdampfkondensator
*c* Quecksilberdampf-Eintritt.
*d* Generator.
*e* Quecksilberdampfturbine.

Fig. 3. Quecksilberdampf-Turbogenerator mit Kondensator.

von rd. 210° C und 20 at beaufschlagt eine zweite Turbine und kondensiert dann bei rd. 32° C und 0,05 at. Die Kondensationswärme des Wasserdampfes ist die Abwärme des Prozesses ($Q_2$), während die Wärme $Q_1$ dem Quecksilberdampf durch die Feuerung zugeführt wird. $Q_1$ ist bei dieser Anordnung um die Arbeit der Quecksilberdampfturbine größer als bei der reinen Wasserdampfanlage zwischen den Temperaturgrenzen von 210° C und 32° C. Der Wirkungsgrad $\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}$ ist also größer geworden, ohne daß höhere als die bisher üblichen Dampfdrücke erforderlich waren.

Dem Amerikaner *M. Emmet* ist es nach eingehenden Studien und Versuchen[1]) nunmehr gelungen, eine Quecksilber-Wasser-Anlage für den praktischen Betrieb auszuführen. Das Quecksilber wird bei ca. 2,46 at abs und ca. 425° C verdampft und darauf auf rd. 450° C überhitzt und in der Turbine bis zu einem Vakuum von 0,065 at abs (220° C) ausgenutzt. Im Quecksilberkondensator wird Dampf von 14 at abs (194° C) erzeugt und dann auf 250° C überhitzt und in üblicher Weise bis zu einem Vakuum von 0,05 at abs (32° C) verarbeitet. Die Überhitzung des Quecksilber- und des Wasserdampfes sowie die Vorwärmung des Wassers bis nahe an Siedetemperatur wird durch die Rauchgase der Feuerung bewirkt. Wegen der geringen Verdampfungswärme des Quecksilbers sind zur Erzeugung von 1 kg Wasserdampf etwa 10 kg Quecksilber erforderlich. Die Anordnung ist so getroffen, daß das kondensierte Quecksilber durch seine eigene Schwere wieder dem Quecksilberverdampfer zufließt.

Die Quecksilberdampfturbine ist einstufig mit Gleichdruckwirkung, einer Wasserdampfturbine ähnlich, die Beschaufelung aus Spezialmaterial.

Besonders eigenartig ist der Quecksilberdampfkessel, der folgenden Bedingungen genügen muß:

1. wirksame Heizflächen,
2. kleiner Quecksilberinhalt, um von der teueren Flüssigkeit möglichst wenig zu benötigen,
3. geringe Höhe der Quecksilbersäule im Kessel, um die mit den Druckunterschieden verbundenen starken Temperaturunterschiede klein zu halten,
4. unbehinderte Temperaturausdehnung des Kessels,
5. reger Umlauf des Quecksilbers.

*Emmet* stellte Versuche mit verschiedenen Bauarten an und führt nun den Quecksilberverdampfer im wesentlichen wie folgt aus: Ein System kurzer senkrechter Rauchröhren mit unten sechseckigem und oben kreisförmigem Querschnitt enthält in den schmalen Zwischenräumen der sechseckigen Rauchrohre das Quecksilber. Der Umlauf des Quecksilbers wird erreicht, indem in regelmäßigen Zwischenräumen ein Rauchrohr ausfällt, und der dadurch gewonnene Platz für die Unterbringung eines reichlichen Verbindungsquerschnittes zwischen der oberen und unteren Quecksilberschicht benutzt wird.

Um ein Entweichen von Quecksilberdampf oder ein Eindringen von Luft, welche die Oxydation des Quecksilbers bewirken könnte, zu verhindern, sind sämtliche Verbindungen geschweißt bzw. verschweißt. Eine Schwierigkeit liegt darin, daß auch die Gußteile vollkommen gasdicht sein müssen. Die Stopfbüchse der Turbinenwelle wird mit Leuchtgas abgedichtet, das vom Vakuum angesaugt wird. Bei Außerbetriebsetzung werden alle sonst von Quecksilberdampf erfüllten Räume unter Leuchtgas gesetzt, um ein Eindringen von Luft zu verhindern.

*Emmet* rechnet, daß mit seinem Zweistoffsystem eine Wärmeausnutzung gleich der des Dieselmotors erreicht werden kann.

Ein Nachteil gegenüber reinen Wasserdampfanlagen ist zweifellos die Giftigkeit des Quecksilberdampfes sowohl als auch des Leuchtgases. Der Vorsprung, den die Mehrkörperanlage gegenüber der Hochdruckanlage in bezug auf Kapitaldienst zu haben schien, wird mindestens zu einem Teil wieder durch die verhältnismäßig sehr großen Mengen des teuren Quecksilbers wettgemacht. Zudem ist das Quecksilber im Fall einer Undichtheit oder des Versagens der Leuchtgasdichtung der Gefahr des Verderbens ausgesetzt.

Welchem der beiden Prinzipien, Hochdruck oder Mehrstoff, die Zukunft gehören wird, muß die praktische Erfahrung entscheiden. Es ist daher zu begrüßen, daß neben verschiedenen Hochdruckanlagen nun auch eine Mehrstoffanlage ihrer Erprobung im praktischen Betrieb entgegengeht.

[1]) Siehe General Electric Review 1914, S. 47 ff.

## Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

### Die Beziehung zwischen den Massen und der Leuchtkraft der Sterne.

Eine Theorie des physikalischen Zustands der Materie im Innern eines Sternes muß, wenn vollständig, zu Formeln führen, welche die gesamte von dem Stern ausgehende Strahlung und damit seine Leuchtkraft und absolute Helligkeit bestimmen. In dem einfachsten Fall — dem eines Sterns im Zustande eines vollkommenen Gases — hat die Lösung des vorliegenden Problems beträchtliche Fortschritte gemacht. Es zeigt sich, daß die Leuchtkraft in erster Linie eine Funktion der Masse sein sollte. Sterne gleicher Masse jedoch verschiedenen Spektraltyps (oder effektiver Temperatur) werden kleine Unterschiede in der Leuchtkraft aufweisen; diese kleinen Korrektionen sollen in dem vorliegenden kurzen Bericht außer acht gelassen werden; sie sind aber in allen zahlenmäßigen Vergleichen zwischen Theorie und Beobachtung, die unten

angeführt und im Diagramm dargestellt sind, in Rechnung gezogen worden.

Stellt man die theoretische Beziehung zwischen absoluter Helligkeit $m$ und Masse $M$ in der Form dar:

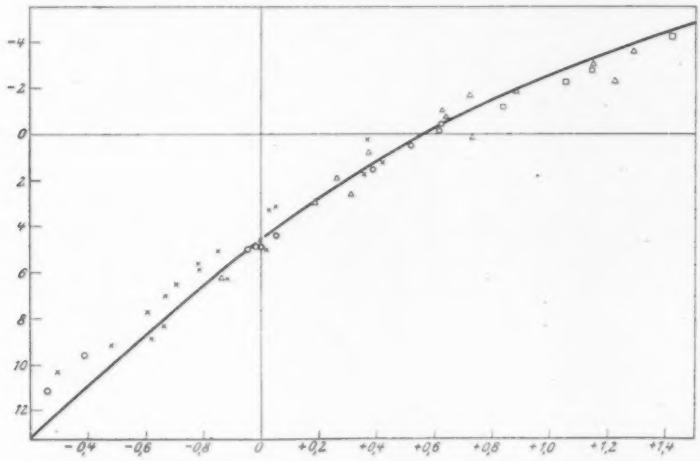
$$m = f(M) + \text{const.}$$

so findet man, daß die im wesentlichen noch übrigbleibende Unsicherheit der Theorie sich auf die additive Konstante wirft. Neuere Theorien des Prozesses der Absorption und Emission führen zu derselben Funktion $f$ (innerhalb enger Grenzen), aber es bleiben merkliche Abweichungen in bezug auf den vorausgesagten Wert der additiven Konstanten übrig. Unsere Unkenntnis gewisser Daten — der chemischen Elemente, aus denen sich der Stern aufbaut, der Art der die Energieerzeugung regelnden Prozesse — affizieren hauptsächlich die Konstante und nicht die Funktion $f$. Zieht man diese Unsicherheiten in Betracht, so mag die Übereinstimmung zwischen den beobachteten und vorausgesagten Werten der Konstanten vielleicht nicht so unbefriedigend sein, wir können aber mit viel größerem Zutrauen eine Übereinstimmung in der Funktion $f$ erwarten. Um diese zu prüfen, soll die Konstante empirisch aus den Beobachtungsdaten für Capella abgeleitet werden — dem einzigen diffusen Stern, für welchen eine genaue Bestimmung von Masse und Leuchtkraft vorliegt —, die Resultate für alle anderen Sterne sind dann differentiell auf Capella bezogen.

Das Diagramm zeigt die theoretisch gewonnene Kurve für die Abhängigkeit zwischen der absoluten Helligkeit und dem Logarithmus der Massen. (Masse der Sonne = 1.) Die folgenden speziellen Angaben sind für die Leser bestimmt, denen die Theorie geläufig ist. Es ist angenommen, daß der Absorptionskoeffizient mit Dichte und Temperatur gemäß der Funktion $\frac{\varrho}{T^{7/2}}$ variiert, in Übereinstimmung mit den wesentlichen Theorien atomarer Strahlungsvorgänge (einschließlich der kürzlich erschienenen Theorie von *Kramers*). Der Verlauf der Kurve hängt dann von nur zwei verfügbaren Konstanten ab, 1. der additiven Konstanten, die empirisch von Capella abgeleitet ist, und 2. dem mittleren Atomgewicht, für welches der Wert 2,1 angenommen worden ist, entsprechend den letzten Bestimmungen des Ionisierungszustandes der Atome bei den Temperaturen und Dichten der Sterne. Nach einer zweiten Annäherung, in welcher der wechselnde Grad der Ionisation in den zur Diskussion herangezogenen Sternen in Rücksicht gezogen wurde und der Einfluß der Ionisation auf den Wert des Absorptionskoeffizienten, verläuft die Kurve im wesentlichen unverändert für Sterne, deren Masse größer als ½, verläuft aber um etwa 1½ Größenklassen höher an der äußersten Linken im Diagramm — wodurch die Übereinstimmung mit der Beobachtung um ein Weniges verbessert wird.

Zum Vergleich mit der theoretischen Kurve sind alle Beobachtungsdaten, die sich auf Bestimmungen von Masse und Leuchtkraft beziehen und den berechtigten Anspruch auf Zuverlässigkeit erheben können, zusammengefaßt worden. Die Kreise beziehen sich auf die besten Bestimmungen, die Kreuze auf solche geringeren Gewichtes; die übrigen Zeichen repräsentieren Werte für Masse und absolute Helligkeit, die nach indirekten Methoden abgeleitet sind, unter Benutzung irgendwelcher, allerdings nicht der hier zur Diskussion stehenden, Theorie. Die mittlere Abweichung zwischen Theorie und Beobachtung ist etwa $\pm 0{,}56^{m}$, wovon wohl der wesentlichste Teil auf Unsicherheiten in den beobachteten Werten zurückzuführen sein dürfte. Die beiden „weißen Zwergsterne" (der Begleiter des Sirius und $O_2$ Eridani) sind nicht benutzt worden, da sie sich in einem physikalischen Zustande befinden, den zu beherrschen die Theorie nicht für sich in Anspruch nimmt; sie sind die einzigen Objekte, welche verworfen worden sind.

Das überraschende Ergebnis ist nun, daß, obwohl die Theorie nur eine Theorie der Riesensterne — mit der Kompressibilität eines vollkommenen Gases — sein will, alle Sterne in der linken Hälfte des Diagramms ihr genügen, obschon sie Zwergsterne sind, mit einer




Ordinaten : Absolute Größe. Abszissen : Logarithmus der Massen.

○ Beste Bestimmungen. × Bestimmungen geringeren Gewichtes. □ Cepheiden. △ Verfinsterungsveränderliche.

mittleren Dichte vergleichbar der des Wassers. Betrachten wir z. B. die Sonne (den rechten Kreis in der Gruppe der drei eng zusammenstehenden Kreise). Nach der Theorie der Riesen- und Zwergsterne kommen einem Stern der Masse 1 und effektiven Temperatur 5860° zwei mögliche Werte für die absolute Helligkeit zu: 1. die Helligkeit der Sonne in ihrem jetzigen Zustande und 2. ihre Helligkeit in einer früheren Epoche, als sie in aufsteigender Entwicklung dieselbe Temperatur als diffuser Gasstern passierte. Die bisher benutzte Theorie vermutet, daß eine Differenz von etwa 4 Größenklassen zwischen diesen beiden Zuständen auftritt als Folge der Kontraktion der Oberfläche. Die Theorie ist also bestrebt, den Wert der Helligkeit Nr. 2 vorauszusagen, wir finden aber, daß auch der Wert der Helligkeit Nr. 1 auf die Kurve fällt. Für die kleinen Sterne auf der linken Seite ist die Differenz größer; nach der geltenden Theorie der Sternevolution würden sie um mindestens 8 Größenklassen unterhalb der Kurve liegen müssen.

Die einfache Erklärung des Diagramms ist die, daß die Zwergsterne dem Verlauf der Kurve folgen, da auch sie sich in dem physikalischen Zustande befinden, auf den sich die Kurve bezieht, das heißt dem eines vollkommenen Gases. Wir müssen darum der Frage nähertreten, ob es überhaupt denkbar ist, daß Materie mit der Dichtigkeit größer als der des Wassers bei Sterntemperaturen die Kompressibilität eines vollkommenen Gases haben kann. Eine kurze Überlegung zeigt uns nun, daß dies nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich ist. Ein gewöhnliches Gas wird bei hohen Dichten weniger kompressibel, weil die Atome eine endliche Größe haben und zusammen ein ganz merkliches Volumen für sich einnehmen. Im Innern eines Sternes sind aber die Atome eines Elementes mittlerer Ordnungszahl bis auf den $K$-Ring ionisiert, und bei den leichteren Atomen sind nur noch die nackten Kerne übriggeblieben. Die Ionen der Sternatome sind viel kleinere Gebilde als die Atome eines irdischen Gases und füllen etwa nur $^1/_{100\,000}$ des Volumens aus. Die Vorstellung, daß die gasförmige Materie im Innern eines Sternes fast inkompressibel sein müsse, wenn sie die Dichte des Wassers erreicht hat, scheint einem ganz falschen Analogieschluß zwischen Sternionen und gewöhnlichen Atomen entsprungen zu sein. Ich nehme hierbei an, daß die wirksame Größe eines Atoms (wie sie in der van der Waalsschen Gleichung auftritt) dem von den Elektronenbahnen beanspruchten Bereich entspricht, und daß, je nachdem Elektronen aus dem Verband geworfen werden, die wirksame Größe sich entsprechend vermindert.

Ich glaube, daß diese Auffassung der der Physiker entsprechen wird. Sie scheint mir durch das Verhalten eines $\alpha$-Teilchens bekräftigt zu werden, das allein keine Spuren des Volumens offenbart, das es einnahm, solange es von den beiden Elektronen begleitet war. Auf jeden Fall möchte ich diese Auffassung den Physikern zur Diskussion stellen.

Soweit eine grobe Überschlagsrechnung zu zeigen vermag, werden die elektrischen Kräfte zwischen den Ionen und Elektronen keine Abweichung von den Gasgesetzen hervorrufen, die in astronomischen Beobachtungen zutage treten würden. Da sie überdies Kräfte sind, die umgekehrt proportional dem Quadrate des Argumentes verlaufen, so bleibt ihre Wirkung unverändert während der Dauer der Evolution eines Sterns und verursacht keinen mit zunehmender Kontraktion wachsenden Effekt. Wenn diese Argumentation stichhaltig ist, so sollte sich ein Stern wie ein perfektes Gas bis zu Dichten vom Betrage von wenigstens 1000 verhalten; die winzigen Ionen können so dicht zusammengepackt werden, daß sogar noch größere Dichten denkbar sind. So erklärt sich vielleicht die eigenartige Erscheinung der „weißen Zwergsterne", unter denen der Siriusbegleiter ein bekanntes Beispiel ist. Das Spektrum dieses Sternes ist vom Typus F, und wenn die Oberfläche die Leuchtkraft besitzt, die sonst dem F-Typ zugesprochen wird, so kann sein Durchmesser kaum größer sein als der der Erde, die Masse ist vom Betrage von etwa ⅓ Sonnenmasse, die entsprechende Dichte etwa 50 000. Nach den vorangehenden Überlegungen darf dies nicht als undenkbar zurückgewiesen werden. Möglicherweise liegt hier in der Tat der Fall eines Sternes vor, in dem der Zerfall der Atome eine viel dichtere Lagerung derselben ermöglicht hat als in irdischen Stoffen. Ich gebe aber zu, daß die Beweise bisher nicht hinlänglich sind, um dies als die wirkliche Erklärung der Erscheinung der „weißen Zwergsterne" behaupten zu wollen.

Eine ausführliche Darstellung dieser Überlegungen wird im Märzheft 1924 der Monthly Notices of the Roy. Astr. Soc. erscheinen; dort wird auch der Gegensatz zwischen diesen Anschauungen und der bisherigen Theorie der Riesen- und Zwergsterne diskutiert werden.

*Zusammenfassung*: Astronomische Daten scheinen deutlich darauf hinzuweisen, daß bei den Temperaturen, die im Innern eines Sterns herrschen, die Materie die Kompressibilität eines vollkommenen Gases auch dann noch behält, wenn die Dichte größer als die des Wassers ist. Es wird die Vermutung aufgestellt, daß dies eine Folge der hohen Ionisation der Sternmaterie sei, welche den größten Teil der die Kerne umkreisenden Elektronen abtrennt, so daß der Radius eines „Sternions" von der Ordnung $10^{-10}$ cm ist, gegenüber $10^{-8}$ eines gewöhnlichen Atoms. Dies ermöglicht eine so dichte Packung der Sternmaterie, daß möglicherweise riesige Dichten erreicht werden können. Wenn diese Schlußfolgerungen richtig sind, so ziehen sie sehr wesentliche Veränderungen in den bisherigen Anschauungen über die Entwicklung der Sterne nach sich.

Cambridge (England), Observatory,
den 18. März 1924. *A. S. Eddington.*

(Aus dem Original übersetzt durch *E. Freundlich*, Berlin-Potsdam.)

### Bemerkungen zu der Zuschrift von Herrn Fr. Kaftan: Eine Elektrodynamik der Vorgänge in unserer Atmosphäre.

Es ist sehr dankenswert, daß Herr *Kaftan* die Aufmerksamkeit auf die großen Probleme der kosmischen Physik lenkt. Seine Ausführungen über die atmosphärischen Vorgänge stehen jedoch mit aller luftelektrischen und meteorologischen Erfahrung in Widerspruch. Ein Eingehen auf alle von ihm berührten Einzelvorgänge würde wohl zu weit führen.

Potsdam, den 28. März 1924. *K. Kähler.*

## Zoologische Mitteilungen.

**On the effect of low salinity on Teredo navalis** (*Harold Francis Blum*, University of California publications in Zoology 22, 4, 1922). Teredo navalis, der Schiffsbohrwurm, ein durch sein Bohren in hölzernen Hafenbauten und Schiffen großen Schaden anrichtendes Meeresmollusk, kommt in Seewasser

von sehr verschiedenem Salzgehalt vor, von 30 ‰ bis herab zu 6 ‰ an den Flußmündungen. In der San-Pablo-Bay in Kalifornien wurde seit 1912/13 ein außerordentlich schnelles Vordringen von Teredo in das süßere Wasser von Carquinez Straits und in den unteren Teil des San Joaquin River beobachtet. Hier schwankt der Salzgehalt des Wassers beträchtlich mit den Gezeiten und der Jahreszeit. Im Sommer bei tiefem Wasserstand (= hoher Salzgehalt) können die Tiere weit stromaufwärts vordringen, aber sie werden dann im Winter bei hohem Wasserstand (= niedriger Salzgehalt) wieder abgetötet. Der kritische Punkt scheint hier bei Carquinez Straits zu liegen, wo in manchen Jahren mindestens eine große Anzahl Teredos durch den niederen Salzgehalt getötet wurden, während der Salzgehalt dort in anderen Jahren hoch genug für die Tiere bleibt. Diese Beobachtungen, die von *Barrows* und *Kofoid* gemacht worden waren, veranlaßten *Blum* zu einer genaueren experimentellen Untersuchung über die untere Grenze des Salzgehaltes, in dem die Tiere noch leben können, sowie über die Dauer ihrer Widerstandsfähigkeit in verschiedenen Salzkonzentrationen.

Die Tiere wurden mit den Balken, in die sie ihre Gänge gebohrt hatten, in Holzbottiche mit Wasser von verschiedener Salzkonzentration gebracht. An ihrem Hinterende besitzen die Tiere zwei lange kontraktile Röhren, die Siphonen, durch die das Atemwasser mit den darin enthaltenen Nahrungspartikeln eingesogen und ausgestoßen wird. Diese Siphonen, die aus der Bohröffnung herausgestreckt werden, wurden als Maß der Reizung durch die Salzlösung benutzt. Bei chemischer oder mechanischer Reizung werden sie je nach Stärke des Reizes mehr oder minder stark zurückgezogen, bei völliger Einziehung verschließen zwei an der Siphonenbasis gelegene Klappen, die Paletten, die Bohröffnung völlig. Hierdurch kann das Eindringen schädlicher Stoffe, z. B. Wasser mit niederem Salzgehalt, erschwert oder verhindert werden. Nach der Zahl der ausgestreckten Siphonen (= intakte Tiere) wurde nun — unter Beachtung gewisser Kautelen — das Maß der schädigenden Wirkung von der Norm abweichender Salzkonzentrationen bestimmt, und es ergab sich: In Konzentrationen von 15—9 ‰ ist die Aktivität der Tiere fast gleich groß, unter 9 ‰ sinkt sie und nimmt mit sinkender Konzentration immer schneller ab, bis sie bei 3 ‰ ganz erlischt (d. h. die Siphonen sind ganz eingezogen). Die Abnahme bis 7 ‰ ist allmählich, von 6—4 ‰ schroff. Ebenso hört auch die Bohrtätigkeit in niederen Konzentrationen auf. Die Geschwindigkeit des Rückziehens sowie die Länge der ausgestreckten Siphonen war ebenfalls von der Konzentration abhängig. Die letale Konzentration, unterhalb deren ein längeres Leben der Tiere nicht möglich ist, liegt bei 5 ‰. Tiere, die gehindert wurden, ihre Gänge mit den Paletten zu verschließen, lebten 11 Tage in langsam fließendem Wasser von 5 ‰, 7 Tage bei 4 ‰, 4 Tage bei 3 ‰, 3 Tage bei 2 ‰, 2 Tage bei 1 ‰ und 1 Tag bei 0 ‰. Dagegen lebten Tiere, die ihre Gänge mit den Paletten verschließen konnten, selbst in Süßwasser bis 24 Tage. Wurde ein Block mit Teredos in eine feuchte Kammer gestellt, so blieben nach 22 Tagen mehr Tiere am Leben, als nach der gleichen Zeit in 0 oder 2 ‰igem Wasser. Also werden die Tiere durch das allmählich durch das Holz diffundierende süßere Wasser, das das noch in den Gängen verbliebene salzhaltigere Wasser verdünnt, abgetötet. Daher blieben auch die Tiere länger am Leben in niederen Salzkonzentrationen, wenn die Holzblöcke mit einem Paraffinüberzug versehen waren. — Beobachtungen im freien Wasser an den Pfählen bei Crockett zeigten, daß in 33 Tagen bei einem Salzgehalt von unter 4 ‰ 90 % der Tiere zugrunde gingen. Die Zeit, die zum Absterben sämtlicher Tiere notwendig war, ließ sich im Freien nicht feststellen, da der Salzgehalt nicht so lange niedrig blieb.

**The digestion of wood by Teredo navalis.** (*Walter H. Dore* and *Robert C. Miller*, University of California publications in Zoology 22, 7, 1923.) Der Schiffsbohrwurm Teredo navalis gräbt seine Gänge in das Holz, indem er es mit den zahlreichen kleinen Zähnen, die auf seinen Schalenklappen sitzen, zu einem feinen Staub raspelt, den er in seinen Darmtraktus aufnimmt und durch den Ausströmungssipho wieder abgibt. Ob er das aufgenommene Holz auch als Nahrung verwertet oder ob die Bohrtätigkeit lediglich der Schaffung eines Unterschlupfes dient, war bisher noch nicht ganz geklärt. Teilweise wurde eine Verdauung des Holzes als unwahrscheinlich angenommen, da andere bohrende Mollusken, vor allem die in Steinen bohrenden, sicher keine Nahrung durch ihr Bohren aufnehmen, und da das von Teredo ausgeworfene Holz noch seine zellige Struktur aufweist. Andererseits sind jedoch bei anderen Mollusken Cellulose spaltende Enzyme bekannt, und Holz behält durch sein renitentes Ligningerüst auch nach Behandlung mit starken Säuren seine Struktur, so daß also die Möglichkeit einer Aufnahme von Cellulose, Hemicellulose und Zuckerarten im Darm von Teredo nicht ausgeschlossen war. Außerdem speichert Teredo das erbohrte Holz einige Zeit in einem Blinddarm und gibt es von dort periodisch in den anschließenden Darm weiter, was auch noch auf eine besondere Ausnutzung des Holzes hindeutet. Neuerdings war von *Harrington* durch Versuche gezeigt worden, daß in der Leber von Teredo norvegica Enzyme vorkommen, die bei Einwirkung auf Sägemehl Glukose produzieren. Reine Cellulose wurde jedoch nicht von Leberextrakt reduziert, so daß *Harrington* schloß, entweder seien die Enzyme nicht in der nötigen Menge vorhanden gewesen oder sie griffen überhaupt nur Hemicellulosen an oder aber es könnten sich im Holz noch andere als Coenzyme wirkende Stoffe befinden. *Dore* und *Miller* versuchten nun die Frage auf anderem Wege zu entscheiden, indem sie das von Teredo ausgeworfene Holz analysierten und mit normalem Holz verglichen. Denn da außer den Leberenzymen auch noch andere Verdauungsfermente für die Holzverdauung in Betracht kommen konnten, war der Gedanke naheliegend, Holz zu verwenden, das den ganzen Verdauungstraktus passiert hatte. Die vorgenommenen Analysen ergaben, daß das Holz im Darmtraktus ca. 80 % seiner Cellulose und 15—56 % seiner Hemicellulosen verliert. Die Verfasser nehmen an, daß Teredo seinen Proteinbedarf wie andere Lamellibranchiaten für sein Wachstum und seine Erhaltung aus dem Plankton bezieht, daß er aber der Kohlehydrate des Holzes bedarf, um die für das Bohren notwendigen Energien zu gewinnen. Die Holznahrung ist aber nur als Ergänzung der anderen Nahrung aufzufassen, eine im Hinblick auf die zum Bohren aufzuwendende größere Energiemenge notwendige Ergänzung, die einen interessanten Fall von Anpassung an die Lebensbedürfnisse darstellt. — Die Tatsache, daß Teredo das aufgenommene Holz verdaut, ist insofern auch von praktischer Bedeutung, als sie eine Imprägnation des Hafenbauholzes mit Giftstoffen zur Fernhaltung der Bohrer aussichtsreich erscheinen läßt.

**The neuromotor apparatus of Paramaecium.** (*Charles William Rees*, University of California publications in Zoology *20*, 14, 1922.) Mit Hilfe der Malloryfärbung und *Heidenhains* Eisenhämatoxylin fand *Rees* bei Paramaecien (Pantoffeltierchen) ein außerordentlich feines und reich verzweigtes System von Fasern. Diese Fasern entspringen alle an einer Stelle kurz vor dem Cytostom an der Oralseite der Tiere und lassen sich nach ihrer Lage in verschiedene Bündel zusammenfassen. Zwei Bündel, ein orales und ein aborales, ziehen als „peripherische Fasern" zu den Basalkörnern der Cilien (Wimpern) und zu den inneren Enden der Trichocysten (zarte Stäbchen, die sich auf Reize hin verlängern und ausgeschleudert werden können, also wahrscheinlich Verteidigungsorgane). Zwei andere Bündel ziehen zu den Membranellen (besonders strukturierte Cilien) in der Gegend des Cytostoms und des Cytopharynx. Diese morphologischen Befunde, daß nämlich die Fasern zu den Basalkörnern der Cilien und zu den Trichocysten, den „Verteidigungsorganen", ziehen und daß sie alle von einem „Zentrum" auslaufen, sowie die große Feinheit der Elemente, legten dem Verfasser den Gedanken nahe, daß es sich hier weder um kontraktile Fasern noch um Stützsubstanzen handle, sondern um ein Reizleitungssystem, dessen Zentrum eben diese gemeinsame Ursprungsstelle der Fasern sei. Die zur Entscheidung dieser Frage unternommenen Versuche scheinen auch diese Annahme zu rechtfertigen. Bei Verletzung der Region des „neuromotorischen Zentrums" zeigte sich eine Störung der Koordination des Cilienschlages, und beim Durchschneiden der cytopharyngealen Fasern zeigten sich vor und hinter dem Schnitt Verschiedenheiten in Frequenz und Amplitude des Wimperschlages. Bei der Teilung der Tiere findet eine weitgehende Rück- und Neubildung des „neuromotorischen Systems" statt, die jedoch in ihrer Ausdehnung nicht genau verfolgt werden konnte. Es konnte aber festgestellt werden, daß sowohl das „neuromotorische Zentrum" als auch die cytostomalen und pharyngealen Fasern, vielleicht auch die peripherischen Fasern des vorderen Tochtertieres völlige Neubildungen sind.

**The pseudopodial method of feeding by trichonymphid flagellates, parasitic in wood-eating termites.** (*Olive Swezy*, University of California publications in Zoology *20*, 17, 1923.) Bei den Flagellaten (Geißeltierchen) findet die Nahrungsaufnahme im allgemeinen an einer bestimmten Stelle des Körpers nahe der Geißelbasis statt. Nur wenige Formen, wie die Rhizomastigiden, nehmen ihre Nahrung wie Rhizopoden (Wurzelfüßer) an beliebiger Körperstelle auf, indem sie Pseudopodien bilden. In im Darm von holzfressenden Termiten vorkommenden Flagellaten, den Trichonymphiden, fand man zwar stets viele Nahrungspartikel (kleine Holzstückchen), ohne daß die Frage geklärt war, auf welchem Wege sie in den Körper der Tiere aufgenommen wurden. Es gelang *Swezy*, diese Trichonymphiden (Trichonympha und Leidyopsis) bis zu 6 Stunden lebend unter dem Mikroskop zu beobachten und so einwandfrei die Art und Weise ihrer Nahrungsaufnahme festzustellen. Am vorderen Körperende besitzen diese Tiere viele lange Geißeln und ein wohl differenziertes Ektoplasma, während das hintere Körperende ohne Geißeln und nur mit einer dünnen Ektoplasmahaut bedeckt ist. Das Vorderende ist in ständiger, von vorn nach hinten verlaufender wellenförmiger Bewegung, während das Hinterende mehr passiv in seiner Gestalt verändert wird. Im Hinterende befinden sich auch die als Nahrung dienenden Holzpartikel. Wenn ein solcher Nahrungskörper das Hinterende berührt, so klebt er daran fest, und es schieben sich an seiner Oberfläche langsam Pseudopodien entlang, die den Gegenstand völlig umschließen und so allmählich in den Körper des Tieres hineinziehen. Das Hinterende der Tiere ist so dehnbar, daß Nahrungspartikel vom doppelten Körperdurchmesser aufgenommen werden können. Wir haben also bei diesen Tieren eine interessante Kombination vor uns zwischen einem hoch differenzierten Vorderende einerseits und andererseits einem Hinterende, das völlig auf der Stufe der Rhizopoden steht.

**Die Form als Reiz.** Experimentaluntersuchung an Libellen und an Vögeln (Wellensittichen und Kanarienvögeln) nebst einer Betrachtung über das Verhältnis von Mechanismus, Biologie und Tierpsychologie (*Tirala, L. G.*, Zool. Jahrb., Abt. f. allg. Zool. u. Phys. d. Tiere, *39*, 4, 1923). Der Verfasser erörtert zunächst in theoretischen Ausführungen die Probleme der Form und des Raumes, Empirismus und Nativismus, psychophysischen Parallelismus und Vitalismus, um dann näher auf die Uexküllschen Vorstellungen von Merkwelt und Wirkungswelt einzugehen, mit denen sich seine eigene Anschauung im wesentlichen deckt und die ihn auch zu den in dieser Arbeit geschilderten Versuchen, über die hier vor allem referiert werden soll, geführt haben. Nach *Uexküll* existiert die Welt nur soweit für die Tiere, wie sie mit den Sinnesorganen wahrgenommen werden kann, d. h. es gibt für ihr Sinnenleben nur eine „Merkwelt", die für jedes Tier je nach der Art seiner Sinnesorgane verschieden sein kann. Die durch das Sinnesorgan ausgewählten Reize werden zum Gehirn weitergeleitet, wo sie zu einem „Gegenstandskern", einem „Schema" zusammengefaßt werden. Dieses Schema taucht jedesmal im Gehirn auf, wenn die zu ihm passenden Merkmale anklingen (z. B. Merkmale: viereckig, grau, schwer und hart = Schema: viereckige Bleiplatte). Außer der Merkwelt der Tiere existiert noch die „objektive" „Wirkungswelt", die sich in desto höherem Grade mit der Merkwelt deckt, je höher das Tier organisiert ist. — *T.* suchte nun experimentell die Merkwelt und die Schemata einer Reihe von Tieren zu bestimmen. Bei Libellen untersuchte er zunächst die Tätigkeit der Augen bei der Orientierung und überhaupt der Bewegung, indem er in verschiedener Kombination Stirn- und Seitenaugen durch Lackieren oder Exstirpieren ausschaltete. Das Resultat war, daß wahrscheinlich „die Ocellen zur Einstellung des Tieres gegen den Horizont, die Seitenaugen der Formwahrnehmung dienen". Um nun das im Gehirn der Libelle befindliche Schema eines Beutetieres zu eruieren, warf *T.* an einer sitzenden Libelle Papierkügelchen vorbei, die sie jedoch in keiner Weise zu einer Reaktion veranlaßten. Laufende Fliegen erregten das Tier ebenfalls nicht. Sobald er jedoch Seidenpapierstückchen von ½ qcm Größe an ihr vorbeischweben ließ, stürzte die Libelle darauf zu, kehrte aber kurz vor dem Objekt wieder um. Dieses Umkehren zeigte, daß die Form des Objektes immerhin eine Rolle spielt. „Das Schema Beutetier besteht mithin nicht nur aus dem vereinfachten Bild einer Mücke, sondern als erstes und wichtigstes Merkmal der Beute hat zu gelten das langsame Auf- und Abschweben der kleinen Mücke, welches am besten nachgeahmt wird durch das Schweben eines Stückchen Seidenpapiers." Weitere Versuche wurden mit Wellensittichen ausgeführt. Einem ♂ wurde eine Wellensittichsilhouette aus Pappe gezeigt — keine Reaktion. Ebenso nach Bemalung der Silhouette mit

den Farben des Wellensittichs. Auch Bewegung des Schemas führte nicht zum Ziel, ebenso auch nicht ein körperliches Schema (ausgestopfter Wellensittich). Laute eines ♀ aus dem Nebenzimmer erregten jedoch das ♂ sofort. Nach diesen vergeblichen Versuchen wurde versucht, wieviel Merkmale eines ♀ man entfernen kann, ohne daß eine Reaktionsänderung des ♂ eintritt. Färbung des ♀ mit Fuchsin erzielte wohl momentanes Abschrecken des ♂, das aber sofort wieder verging. Änderung der *Form* des ♀ durch Anheften von bunten Papierplättchen bewirkte jedoch dauerndes Fernbleiben des ♂ vom ♀. Daraus konnte geschlossen werden, daß die in der Merkwelt des Wellensittichs vorkommenden ♀-Merkmale, die zum Aufbau des Schemas im ♂-Gehirn genügen, sind: die „genaue Form und Größe, die charakteristische Federbedeckung, die Bewegung und die Stimme." Ähnliche Versuche an Kanarienvögeln zeigten, daß das Schema für ♀ bei Kanarien-♂ einfacher ist als bei Wellensittichen. Denn eine kleine gelbe Kükenpuppe, wie sie auf Jahrmärkten feilgehalten wird, genügte zum Hervorbringen der typischen ♂-Reaktion gegenüber dem ♀. — Wenn auch der Begriff des Schemas nicht ausreicht, die Handlungen der höheren Tiere zu erklären, so bietet er doch die Möglichkeit zu einer einigermaßen geordneten, biologischen Vorstellung von dem Verhalten der niederen Tiere in ihrer Merkwelt, ohne daß man zur Erklärung den Begriff der Tierseele heranzuziehen gezwungen ist. Die Existenz von angeborenen Schemata im Gehirn zeigt sich auch sehr klar bei sofort nach der Geburt auftretenden Reaktionen, wie bei dem Picken der Küken von australischen Megapodiden nach *bestimmten* Objekten. Die Frage Empirismus oder Nativismus wird durch diese Beobachtungen und Überlegungen zugunsten des letzteren entschieden, was natürlich ein Neuerwerben von Schemata während des Lebens nicht ausschließt.

**Untersuchungen über Bau und Funktion des Gehirnes der Larve und Imago von Libellen.** (*K. Baldus*, Zeitschr. f. wiss. Zool. *121*, 1924.) Die Gehirne der Larve und der Imago von Aeschna cyanea, einer unserer großen Libellenarten, wurden histologisch untersucht und miteinander verglichen. Es zeigte sich, daß bei der Imago besonders alle optischen Zentren stärker entwickelt sind als bei der Larve, das Gehirn ist in horizontaler Richtung nach vorn und hinten und in vertikaler Richtung nach oben und unten gewachsen, während die Länge in der Querachse bei beiden Formen (wobei die Vergleichslarve nahezu erwachsen sein muß) etwa dieselbe bleibt. Trotz der starken Verschiedenheit in der Lebensgewohnheit der beiden Formen — die Larven leben im Wasser, die Imagines in der Luft — ließen sich außer den erwähnten morphologischen Unterschieden keine Verschiedenheiten der Gehirne, etwa Neu- oder Rückbildungen von Faserzügen und Neuropilkomplexen feststellen. Bei beiden Gehirnen prävaliert das optische Zentrum, während das antennale — Geruchs- — Zentrum nur sehr schwach entwickelt ist.

Ein zweiter Teil dieser Arbeit befaßt sich mit der Physiologie des Libellengehirns, und zwar besonders mit den nach halbseitiger Gehirnexstirpation auftretenden Kreisbewegungen. Bei einseitiger Blendung läuft die Larve, die im allgemeinen negativ phototrop ist, im Kreis nach der geblendeten Seite, die positiv phototrope Imago aber fliegt im Kreis nach der sehenden Seite. Bei halbseitiger Gehirnexstirpation bewegen sich beide im Kreis nach der nicht operierten Seite. Zur Erklärung dieser bereits häufig untersuchten „Manegebewegung" der Arthropoden wurden schon mehrere Theorien aufgestellt, deren wichtigste von *Faivre* (1857), *Binet* (1894), *Bethe* (1897) und *Jordan* (1910) herrühren. *Faivre* nahm im Oberschlundganglion einen „Willen" und eine absolute Direktion der Bewegungen an, was aber schon bald nach Erscheinen seiner Arbeit widerlegt wurde. *Binet* sah den Grund der Manegebewegung in der ungleichen Erregung beider Körperhälften, wobei sich die Beine der gesunden Seite sekundär an die ungehemmten Bewegungen der operierten Beinseite anpassen sollten. *Bethe* hielt das Gehirn für ein reflexhemmendes und tonuserzeugendes Organ, bei dessen halbseitiger Wegnahme die Beine der operierten Seite ungehemmt weiter ausgreifen und so *allein* den Körper im Kreis nach der anderen Seite treiben sollten. *Jordan* zeigte experimentell — durch elektrische Reizung —, daß das Oberschlundganglion durch die *Quantität* der von seinen beiden Hälften abgegebenen Erregungen die Bewegungen leitet. Starke Erregung wirkt hemmend auf die Beugemuskeln, schwache umgekehrt, woraus die Manegebewegung (schwache Erregung auf der Seite der fehlenden Hirnhälfte) durch stärkeres Nach-vorn-innengreifen der Beine der operierten Seite resultieren sollte. Beim Vergleich dieser Theorien mit den Versuchen an Libellen (und einigen anderen Insekten) zeigte sich nun, daß keine der bisherigen Theorien *allen* beobachteten Erscheinungen gerecht werden konnte. *Faivre* war bereits wiederholt, besonders von *Bethe*, widerlegt worden, vor allem durch die Tatsache, daß auch gehirnlose Tiere nicht völlig der Direktion beraubt sind. Für *Binets* Erklärung, daß die Beine der operierten Seite durch ihr ungehemmtes Ausgreifen die Kreisbewegung veranlassen und daß die Beine der gesunden Seite sich sekundär an diese Tätigkeit anpassen, spricht *keine* Beobachtungstatsache. Im Gegenteil, es zeigt sich, daß *alle* Bewegungsorgane offensichtlich gleichgeordnet an der Bewegung teilnehmen und je nach besonderen Umständen benutzt werden. Auch nach völliger Ausschaltung der operierten Beinseite (durch Abschneiden der Beine und Verkleben der Stummel) bleibt die Tendenz zur Kreisbewegung bestehen, an deren Zustandekommen dann unter Umständen auch das Abdomen der Tiere durch bestimmte zuckende Bewegungen beteiligt ist. Dadurch (wie auch durch einige andere Momente) wird auch *Binets* Hilfsannahme, daß die Bewegungen der normalen Beine nicht nur von den tatsächlichen Bewegungen der Beine auf der operierten Seite, sondern auch von deren besonders erregten Zentren abhängig seien, sehr unwahrscheinlich. *Bethes* Theorie ließ dagegen überhaupt die Bewegungen der Beine auf der normalen Seite außer Acht, wodurch dann natürlich die Kreisbewegungen, die *ohne* diese Beine stattfanden, überhaupt nicht erklärt werden konnten. Bei der Jordanschen Erklärung kann wohl als bewiesen gelten, daß das Gehirn durch die *Quantität* der Erregungsabgabe die Bewegungen beeinflußt. Dagegen stimmte es nicht mit den Beobachtungen überein, daß die Manegebewegung durch die Prävalenz der Beuger auf der operierten und der Strecker auf der anderen Seite zustande kommt. Die Beobachtungen ergaben, daß beide Muskelgruppen „je nach Bedarf", d. h. je nachdem es die *Vollführung der Kreisbewegung* erforderte, in Tätigkeit versetzt wurden. Besonders instruktiv für die Benutzung der Muskeln „nach Bedarf" waren Beobachtungen am Gelbrandkäfer (Dytiscus marginalis). Der einseitig enthirnte Käfer schwimmt im Kreis, indem er mit der operierten Beinseite heftig rudert und mit der anderen keine oder nur schwache Bewegungen ausführt. Wird

jetzt die operierte Beinseite abgeschnitten, so kann die Kreisbewegung wegen des im Wasser fehlenden Stützpunktes nur durch besondere Bewegungen der gesunden Beinseite aufrecht erhalten werden. Das Tier schlägt jetzt mit dem dritten (Ruder-) Bein von hinten nach vorn, mit dem zweiten von oben nach unten, während das erste ähnliche unterstützende Bewegungen ausführt. So kommt eine zwar mangelhafte, aber doch deutliche Kreisbewegung nach der gesunden Seite zustande. Von einer Prävalenz der Strecker war auf dieser Seite nichts zu beobachten.

Im ganzen ergaben diese Beobachtungen, daß durch die einseitige Enthirnung die *ganze Bauchganglienkette* in den für die Kreisbewegung notwendigen Erregungszustand versetzt wird — ohne Betonung einer Seite (cf. *Binet* und *Bethe*) oder bestimmter Muskelgruppen (cf. *Jordan*). *Die Bewegungen sind genau die gleichen, wie wenn sich ein normales Tier im Kreis bewegt.* Durch diese Erregung der Gesamtbauchganglienkette wird der *Gesamtorganismus* und nicht nur einzelne Teile auf die Manegebewegung eingestellt. Ohne Oberschlundganglion (= Gehirn sensu stricto) können die Tiere noch sehr gut gehen und die Richtung ihrer Bewegungen modifizieren, ohne Unterschlundganglion ist auch noch eine koordinierte Bewegung möglich, die allerdings bei vielen Insekten dann durch ungehemmt auftretende Reflexe (bei Libellen durch den Klammerreflex) gestört wird. Jedenfalls besitzt die Bauchganglienkette direkt die *Möglichkeit* zur Inszenierung *aller* Bewegungen (gegen *Faivre*) und das Gehirn prägt ihrer Tätigkeit normalerweise nur gemäß den von ihm mit Hilfe seiner Sinnesorgane perzipierten Reizen besondere Richtung auf. — Libellula-Larven lebten ohne Kopf bei mit Paraffin verschlossener Wunde 92 und 115 Tage und gaben bis zuletzt gute Reaktionen.

*K. Baldus.*

---

## Botanische Mitteilungen.

**Über die Pseudogamie von Zygopetalum Mackayi.** Es ist schon seit längerem bekannt, daß man bei der Bestäubung von Zygopetalum Mackayi mit anderen Orchideengattungen (Odontoglossum, Lycaste, Oncidium, Laelia, Vanda usw.) eine rein mütterliche Nachkommenschaft erhält. Unbestäubte Blüten aber legen keine Samen an. Zytologische Untersuchungen von *Suessenguth* (Ber. Deut. bot. Ges. *41*, 1923) ergeben nun, daß von einer Befruchtung des Eikerns durch den gattungsfremden Pollenschlauch nicht die Rede sein kann, da dieser gar nicht bis zum Embryosack vordringt; vielmehr übt das Auskeimen des fremden Pollens lediglich einen Reiz aus, der die Eizelle zu selbständiger, apogamer Entwicklung anregt, ein Verhalten, das man als „Pseudogamie" (Scheinbefruchtung) bezeichnet; daher tragen eben die scheinbaren Bastarde bloß mütterliche Merkmale („Matroklinie"). Beachtung verdient, daß manchmal auch die Synergiden oder andere Zellen der Nachbarschaft in die Entwicklung eintreten, so daß in einem einzigen Embryosack öfters mehrere Embryonen entstehen.

**Über die Ursache des Ausbleibens der Reduktionsteilung in den Samenanlagen einiger parthenogenetischer Angiospermen.** Frühere Beobachtungen, über die an dieser Stelle berichtet worden ist, haben *Haberlandt* zu der Annahme geführt, daß bei einigen parthenogenetischen Kompositen, bei Marsilia Drummondii, sowie mutmaßlich auch bei anderen Pflanzen mit gewohnheitsmäßiger somatischer Parthenogenesis — d. h. solcher, bei der die Reduktionsteilung in Wegfall gekommen ist — die Entwicklung der diploiden Eizellen durch Wundhormone ausgelöst wird, die aus benachbarten absterbenden Zellen in die Eizelle wandern. Da aber schon das Auftreten diploider Eizellen in solchen Fällen eine abnorme, erklärungsbedürftige Erscheinung ist, so modifiziert *Haberlandt* neuerdings (Sitz.-Ber. Ak. Wiss. Berlin 1923) seinen Standpunkt dahin, daß die Wirksamkeit der Wundhormone noch weiter zurückreicht und das Ausbleiben der Reduktionsteilung beim Entstehen der Embryosackmutterzelle bestimmt. Es werden zweierlei Teilungshormone angenommen, solche, die homöotypische und solche, die heterotypische Kernteilung veranlassen. Erstere sind bei allen vegetativen Teilungen, letztere während der Reduktionsteilung bei der Bildung der Embryosack- und Pollenmutterzellen am Werk und bedingen, daß uns die Geschlechtszellen im haploiden Zustand gegenübertreten. Der ersten Kategorie gehören nun nach *Haberlandt* auch die Wundhormone an. Wo solche durch die besonderen Verhältnisse bedingt in der jungen Samenanlage bei der Bildung des Embryosacks auftreten, da lenken sie die Entwicklung in andere Bahnen und verursachen Diploidie, wodurch die Eizelle von der Befruchtung unabhängig wird. Für diese Auffassung spricht die Tatsache, daß ein Vergleich voneinander nahestehenden parthenogenetischen und normal befruchtungsbedürftigen Arten ergibt, daß in einem Fall in der Nachbarschaft der Embryosackmutterzelle gewisse Gewebeelemente absterben, während in anderen solche Vorgänge ausbleiben. Ist die Haberlandtsche Auffassung richtig, dann müßte es gelingen, durch Verletzen junger Samenanlagen die Entstehung diploider Embryosackmutterzellen und somit auch diploider Eier hervorzurufen. Damit würde dann die Hypothese eine experimentelle Stütze erhalten.

**Abschleuderbare Brutzwiebeln von Lycopodium (Bärlapp).** Über einen auffälligen Typus von Brutzwiebeln bei Lycopodium Selago und L. lucidulum berichtet eine Arbeit von *Czurda* (Flora *116*, 1923). Diese beiden Arten entwickeln an ihrer Hauptachse neben den üblichen Sporangien Kurzsprosse von folgendem Aufbau: die Kurzsproßachse trägt einen Kranz von reduzierten Blättern, den *Czurda* als Knospenschuppenbecher bezeichnet; oberhalb dieses Bechers ist die Brutknospe vermittels eines sehr dünnen Gliedes, dem Brutknospenstiel, inseriert; die Brutknospe selbst trägt dekussierte Blattpaare, die mit Reservestoffen vollgestopft sind. Außerdem sind im Innern des Gewebes schon Adventivknospen vorbereitet, so daß die Keimung und Weiterentwicklung sofort nach dem Abfallen erfolgen kann. Das Besondere gegenüber anderen Brutzwiebeln ist nun, daß diese Organe hier von der Pflanze abgeschleudert werden. Tatsächlich ist in den entsprechenden Entwicklungsstadien der Boden rings um die Pflanze in einem Umkreis bis zu 1 m damit besät. Dieser Vorgang des Abschleuderns tritt ein, wenn durch irgend einen mechanischen Eingriff die Brutzwiebel auf das untere Blatt des Knospenschuppenbechers, das besonders starr ausgebildete „Schleuderblatt", gepreßt wird. Dieses Blatt gibt dem Drucke anfänglich nach und übt einen entsprechenden Gegendruck aus, bis schließlich die dünne Ansatzstelle der Brutzwiebel gewaltsam durchreißt und die Brutzwiebel selbst von dem emporschnellenden Schleuder-

blatt durch die Luft befördert wird. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Vermehrungsorgane nicht unmittelbar unter der Mutterpflanze abgelagert werden. In der freien Natur wird das Abschleudern vermutlich durch Regen und Wind ausgelöst. Die Bildung von Brutzwiebeln neben Sporen ist für den Bärlapp deshalb wohl von besonderer Bedeutung, weil die Sporen mehrere Jahre im Boden zu ruhen pflegen und auch die weitere Entwicklung der jungen Pflanze einen schleppenden Verlauf nimmt.

**Über den Klettervorgang und die Entwicklung von Winde- und Rankenpflanzen.** Mit den Beziehungen zwischen Winde- und Rankenpflanzen beschäftigt sich *Löffler* in einer kürzeren Arbeit (Biol. Centralbl. *43*, 1923), in der er den Nachweis zu erbringen sucht, daß zwischen den beiden Gruppen von Kletterpflanzen keineswegs ein so großer Gegensatz herrscht, als man vielfach annimmt. Er weist zunächst auf die neueren Angaben von *Brenner, Stark* und *Figdor* hin, wonach entsprechend der schon von früheren Autoren ausgesprochenen Auffassung tatsächlich auch den Sprossen der Windepflanzen Kontaktreizbarkeit zukommt, die beim Anlegen an die Stütze mitspielt. Auf der anderen Seite begegnen wir den kreisenden Bewegungen (Zirkumnutationen) nicht nur bei den Windesprossen, sondern auch bei den Ranken; sie dienen auch hier zum Suchen der Stütze und äußern sich später beim Greifen darin, daß die Ranken sich nicht in einer Ebene, sondern in einer Spirale aufrollen. Gemeinsam ist weiterhin beiden Kategorien, daß sowohl Winde- wie auch Rankenpflanzen in ihrem Gedeihen sehr stark davon abhängig sind, ob es ihnen gelungen ist, eine Stütze zu erfassen oder nicht. Windepflanzen verkümmern, wenn sie einer solchen entbehren oder wenn sie darüber hinaus gewachsen sind. Das kann — ohne daß Ernährungsfaktoren hierfür verantwortlich gemacht werden könnten — dazu führen, daß die Spitze abstirbt, während häufig aus den Achseln tiefer stehender Blätter neue Seitensprosse entstehen, an denen sich das Spiel wiederholt. Man kann aber solche verkümmernden Sprosse jederzeit zu neuem, üppigem Aufleben bringen, wenn man ihnen eine Stütze darbietet. Ganz analog liegen die Dinge bei den Rankenpflanzen: je mehr Gelegenheit sie zum Greifen haben, desto bessere Entfaltung tritt ein. Daraus zieht *Löffler* den Schluß, daß der Berührungsreiz gleichzeitig einen Entwicklungsreiz darstellt, der das Wachstum der ganzen Pflanze beeinflußt. Darauf deutet auch die von *Löffler* gefundene Tatsache, daß, wenn man den Endsproß der Windepflanzen abschneidet, diejenigen Achselknospen austreiben, die mit der Stütze in Berührung stehen. — Mutmaßlich gehen Winde- und Rankenpflanzen auf dieselben phylogenetischen Wurzeln zurück; sie haben sich nur nach verschiedener Richtung hin differenziert: bei den Sprossen der Windepflanzen hat die Berührungsempfindlichkeit nicht denselben hohen Grad angenommen wie bei den speziell im Dienste des Greifens stehenden Ranken, denn die Windesprosse haben neben dem Festhalten an der Stütze gleichzeitig noch die Funktion, die Blätter zum Licht emporzutragen, eine Aufgabe, die gehemmt würde, wenn hier dieselben Greifbewegungen einträten wie bei den Ranken[1]).

**Über die Funktion der Spaltöffnungen weißbunter Blätter** berichtet eine Arbeit von *A. Kümmler* (Jahrb. f. wiss. Bot. *61*, 1922). Die Fragestellung, die seinen Untersuchungen zugrunde lag, war die, ob die Spaltöffnungen auf den grünen bzw. den weißen Bezirken der gescheckten Blätter irgendwelche Verschiedenheiten in ihrem Verhalten aufweisen. Das ist nun tatsächlich der Fall. Bei mittlerer Luftfeuchtigkeit und normalen Lichtverhältnissen ist die Öffnungsweite im grünen Areal ganz allgemein viel größer als im weißen. Daß aber auch hier die Spaltöffnungen zu maximaler Öffnung befähigt sind, läßt sich ohne weiteres dartun, wenn man die Versuchspflanze unter günstigen Lichtverhältnissen in den dampfgesättigten Raum bringt; hier gleicht sich der Unterschied völlig aus; die Spaltöffnungen im Weiß hinken also lediglich etwas nach. Das liegt vermutlich daran, daß die Wasserversorgung im weißen Anteil schlechter ist, eine Erscheinung, die sich unter anderem darin äußert, daß das Gefäßbündelnetz hier manchmal schwächer ausgebildet ist. Die mikroskopische Untersuchung ergab nun, daß die Schließzellen der auf dem weißen Areal befindlichen Spaltöffnungen bei einem Teil der untersuchten Arten so, wie es der Norm entspricht, Chlorophyll aufweisen, bei anderen dagegen völlig chlorophyllfrei sind. Beide Kategorien von weißbunten Pflanzen verhalten sich aber hinsichtlich ihres Spaltöffnungsmechanismus in allen wesentlichen Zügen gleich. Diese Tatsache ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil nach der Mohl-Schwendenerschen Theorie gerade das Chlorophyll, das lediglich den Schließzellen im Gegensatz zu den benachbarten Epidermiszellen eignet, eine wesentliche Rolle bei dem Öffnungsmechanismus spielen soll, und zwar dadurch, daß die durch das Licht induzierte Assimilationstätigkeit die osmotischen Substanzen liefert, die den Schließzellen ermöglichen, ihrer Nachbarschaft Wasser zu entziehen und dadurch in den Öffnungszustand einzutreten. Das mag in beschränktem Maße gelten; bei den chlorophyllfreien Schließzellen weißbunter Pflanzen dagegen bildet offenbar die stets vorhandene Stärke den Ausgangspunkt für die Produktion osmotisch wirksamer Substanz (Zucker), und man muß im Einklang mit Vorstellungen von *Lloyd* und *Iljin* annehmen, daß das Licht einen dirigierenden Einfluß auf den fermentativen Stärke-Zucker-Umsatz ausübt.

**Eine neue, vereinfachte Methode zur Messung der Saugkraft,** die von der mühsamen und z. T. schwer durchführbaren Volumenbestimmung der Einzelzelle absieht, beschreibt *A. Ursprung* (Ber. d. deut. bot. Ges. *41*, 1923). Dünne Gewebestreifen, deren Länge in normalem Zustand gemessen worden ist, werden in gestaffelte Rohrzuckerlösungen von bekannter Konzentration gelegt und die Lösung bestimmt, bei der weder eine Verlängerung noch eine Verkürzung des Gewebestreifens stattfindet. Die Saugkraft des Gewebes kann dann derjenigen der entsprechenden Lösung gleichgesetzt werden. Die Ablesung erfolgt auf einem graduierten Objektträger unter Deckglas. Es werden einige Beispiele angeführt, welche die Brauchbarkeit dieser Methode, die den Vorzug hat, leicht zu handhaben und auch im Gelände anwendbar zu sein, erweisen. Da sie nur das durchschnittliche Verhalten des Gewebes erfaßt und nicht jenes der Einzelzelle, wird sie die bisherigen Methoden nicht verdrängen, sondern nur ergänzen und vor allem bei statistischen Saugkraftmessungen von bestimmten Pflanzengenossenschaften (Moorpflanzen, Wasserpflanzen usw.) wichtige Dienste leisten.

**Lauberneuerung und andere periodische Lebensprozesse in dem trockenen Monsungebiet Ost-Javas.** Während die Periodizität der Holzgewächse Javas im

[1]) Vgl. hierzu den Aufsatz d. Ref. in dieser Zeitschrift. *IV*, 1916, S. 433.

immerfeuchten Regenwaldgebiet schon von verschiedener Seite untersucht worden ist (*Haberlandt*, *Schimper*, *Klebs* usw.), stehen entsprechende Beobachtungen für das sommertrockene Monsungebiet fast vollständig aus. In diese Lücke greift nun eine Arbeit von *Coster*, die sich auf die Nordküste Javas bezieht (Ann. jard. bot. Buitenzorg. *33*, 1923). Zur Untersuchung gelangten 52 dikotyle Holzpflanzen, die in regelmäßigen Zeitabschnitten beobachtet wurden. Wie auch schon für andere Gebiete nachgewiesen ist, ergab sich, daß das Bild keineswegs einheitlich ist. Vielmehr trifft man neben Arten, die ständig grün belaubt erscheinen, solche, die zwar einen rhythmischen Wechsel aufweisen, dem aber nicht alle Individuen gleichzeitig unterliegen, so daß man in buntem Gemisch die verschiedensten Entwicklungsstadien nebeneinander sieht; bei einem weiteren Prozentsatz schließlich tritt regelmäßiger periodischer Laubfall ein, wobei die Bäume in der trockenen, heißen Periode kahl stehen. Doch kann die Neubelaubung schon einsetzen, ehe die Regenperiode beginnt. Belaubung und Blüte brauchen keineswegs zusammenfallen, vielmehr gibt es eine Reihe von Formen, die gerade im kahlen Zustand Blüten produzieren. Versuche mit den verschiedenen Treibverfahren (Warmwasserbad, KCN, Acetylen, Einstichmethode usw.) ergeben dieselben Resultate wie bei unserer einheimischen Vegetation. Bei Bombax malabaricum kann man eine Vor-, Mittel- und Nachruhe unterscheiden. Bei Tectona grandis (dem bekannten Teakholz) genügt schon das Einsetzen der Zweige in Wasser, um Austreiben der Knospen zu veranlassen. Auf Grund seiner Versuche gelangt *Coster* in Übereinstimmung mit *Klebs* (s. Ref. im *5*. Band, S. 534, dieser Zeitschr.) zu der Auffassung, daß die Ruheperiode in erster Linie durch äußere Faktoren (Wasser- und Nährsalzmangel, Lichtmangel, Kalk) bedingt ist und steht der Annahme einer autonomen Rhythmik ablehnend gegenüber.

**Zur Physiologie der Verholzung.** Man findet vielfach in der Literatur die Ansicht vertreten, daß die Verholzung der Elemente des Holzteils eine physiologische Alterserscheinung darstellt in dem Sinne, daß die davon betroffenen Zellen die Fähigkeit zum Flächenwachstum und zur Zellteilung endgültig verloren haben und die Membran ihren ursprünglichen Zellulosecharakter irreversibel eingebüßt hat. Daß diese Auffassung entsprechend einer schon von *Pfeffer* geäußerten Vermutung nicht allgemein zutreffend ist, konnte *Ernst Schilling* (Jahrb. f. wiss. Bot. *62*, 1923) durch Versuche an Flachs und Hanf dartun. Er beobachtete, daß künstlich geknickte Stengel dieser Pflanzen sich wieder aufrichten und daß dabei an der Knickstelle auffällige Verdickungen eintreten, die zu einer beträchtlichen Vergrößerung des Durchmessers führen. Die anatomische Untersuchung ergab, daß diese Erscheinungen hervorgerufen werden durch Wucherungen nicht nur im Mark, sondern vor allem im Holzteil, und zwar können alle seine Elemente mit Ausnahme der Gefäße daran teilnehmen. Die Zellen strecken sich beträchtlich, nehmen kegel-, schlauch- oder keulenförmige Gestalt an, wobei thyllenartige Bildungen zustande kommen, und treten in Teilung. Diese Prozesse, die besonders in der Nähe eventuell entstandener Risse um sich greifen, können sich abspielen, während die Membran ihren Holzcharakter beibehält. Es ließ sich aber auf färberischem Wege nachweisen, daß die Holzsubstanz mitunter abgetragen wird und eine reine Cellulosereaktion erscheint. An alten Geschwülsten kann dann sekundär wieder Verholzung eintreten. Diese Beobachtungen zeigen klar, daß auch verholzten Zellen noch eine deutliche Plastizität im Lebensgetriebe zukommt und ihre Determinierung keineswegs eindeutig ist. Die Kausalität dieser Vorgänge konnte im einzelnen noch nicht klargelegt werden, jedoch liegt es nahe, in Störungen des Stoffstromes die auslösenden Momente zu suchen.

**Blüte- und Erntezeit des Winterroggens in Deutschland.** Blüte- und Erntezeit sind besonders deshalb von pflanzengeographischer Bedeutung, weil durch diese beiden Termine am besten der Eintritt des Früh- bzw. des Hochsommers gekennzeichnet wird, und diese Daten somit in hohem Maße geeignet sind, den gesamten klimatischen Charakter eines Gebietes zum Ausdruck zu bringen. Deshalb hat es *H. Schrepfer*[1]) unternommen, auf Grund des gesamten Beobachtungsmaterials der letzten 100 Jahre phänologische Karten zu entwerfen, auf denen die Gebiete gleichzeitiger Roggenblüte bzw. -ernte durch bestimmte Farben veranschaulicht sind, und zwar wurden 6 Intervalle gewählt, für die seit der Blüte (Ausstäuben) 20.—26. V., 27. V.—2. VI., 3. VI. bis 9. VI., 10.—16. VI. und 17.—23. VI. und später, für die Ernte 10.—16. VII., 17.—23. VII., 24.—30. VII., 31. VII.—6. VIII. und 7.—13. VIII. und später. Auf diese Weise werden jeweils 5 Zonen erhalten. Hinsichtlich der Roggenblüte ist zu sagen, daß die I. Zone (Frühblüte) im wesentlichen übereinstimmt mit der Zone des Weinbaus. Sie umfaßt vor allem das Oberrheintal; die V. Zone (späte Blüte) beschränkt sich auf das Gebirge, wobei das Erzgebirge und der Schwarzwald am Ende marschieren. Im Prinzip gleich verhält sich die Zonenverteilung bei der Ernte, nur daß die I. Zone hier ein viel weiteres Areal umfaßt. Es gesellen sich weiter Gebiete im Osten des norddeutschen Tieflands, in den Becken im süddeutschen Stufenland und im Alpenvorland hinzu, für die im Zusammenhang mit dem heißen, kontinentalen Sommer Frühdruschernte angegeben wird. Im besonderen sind für den Verlauf der Areale sowohl die Beschaffenheit des Bodens wie auch die verschiedenen klimatischen Momente maßgebend. Leicht erwärmbarer Sandboden, Kalk und Ton bedingen eine Beschleunigung, Moorboden eine Verzögerung. Wichtig ist ferner die Geländeform, die Exposition, die Nähe größerer Wasserflächen usw. Der Einfluß der Temperatur macht sich vor allem in der Verzögerung beim Fortschreiten nach Norden und beim Emporsteigen ins Gebirge bemerkbar. Eine Zunahme der geographischen Breite um 1° (111 km) verschiebt die Roggenblüte um ca. 3,1 Tage, die Ernte um 2,4 Tage. Der Höhengradient pro 100 m beträgt für die Blüte ca. 4 Tage, für die Ernte stets mehr als 5 Tage. Nach Norden nimmt also die Reifezeit (Blüte bis Ernte) ab, was wohl mit der zunehmenden Tageslänge im Zusammenhang steht, im Gebirge erscheint sie stark verlängert. So übersteigt sie im Erzgebirge („sächsisches Sibirien") 61 Tage, während sie in warmen Ebenenlagen unter 45 Tagen liegt. Der Gegensatz zwischen ozeanischem und kontinentalem Klima macht sich in der Weise bemerkbar, daß die Zeit der Blüte und der Ernte immer mehr zusammenrücken, je mehr man sich nach dem kontinentalen Osten bewegt, wobei dann gleichzeitig die Ernteerträge im Zusammenhang mit der rascheren Entwicklung abnehmen.

**Pollenanalytische Untersuchungen von Torfmooren und marinen Sedimenten in Südwestschweden.** Über sehr ausgedehnte pollenanalytische Untersuchungen von südwestschwedischen Torfmooren berichtet

[1]) Arbeiten d. deutsch. Landw. Ges. H. 321, Berlin 1922.

*G. Erdtmann* (Ark. f. Bot. Strdsh. 17. 1922). Die Methode bestand darin, daß 1 cm³ der Sedimentprobe mit verdünntem KOH gekocht, dann das Wasser eingedampft, Glyzerin zugesetzt und 1—4 Tropfen der gut durchgerührten Flüssigkeit auf einen Objektträger aufgetragen wurden. Man erhält so einen Ausstrich, in dem die wohlerhaltenen, durch das Verfahren von Humussubstanzen befreiten Pollenkörner sehr leicht erkennbar sind, und man braucht nun nur 100—200 Pollenkörner abzuzählen, um einen fast konstanten mittleren Durchschnittswert zu erhalten, von dem man auf die Zusammensetzung des Waldes zu der Zeit der Ablagerung des Sediments schließen kann. *Erdtmann* hat die Brauchbarkeit der Methode zunächst dadurch geprüft, daß er Oberflächenproben analysierte, die vom Wurzelgeflecht der Reiser, von Moospolstern und vom Moder von Baumstümpfen stammten. Es zeigte sich, daß diese Proben tatsächlich sehr getreu die Waldverhältnisse der Umgebung widerspiegeln, und daß in verschiedenen Landesteilen von Südschweden immer die lokalen Eigenarten zum Ausdruck gelangen. Anschließend daran hat dann *Erdtmann* eine große Fülle von Mooren bearbeitet, indem er Proben serienweise von den ältesten bis zu den jüngsten Schichten des Profils entnahm. Es ergab sich, daß die auf ganz anderem Wege gewonnene Gliederung des skandinavischen Postglacials in eine präboreale, atlantische, subboreale und subatlantische Phase auch im Pollenbild in schönster Weise zum Ausdruck gelangt. In der präborealen Phase dominiert der Birkenpollen; daneben findet sich in geringer Menge Weide und Kiefer, jeder andere Pollen fehlt. In der borealen Phase hat sich das Verhältnis zwischen Birke und Kiefer verkehrt; Haselpollen tritt in rasch wachsender Menge hinzu, so daß etwa in der Mitte der borealen Zeit ein Haselmaximum zu konstatieren ist. Nach *L. v. Post* sollen damals reine Haselwälder existiert haben. Die atlantische Zeit steht unter dem Zeichen des Eichenmischwalds (Ulme, Linde, Eiche) und der Erle. Die drei Charakterbäume des Eichenmischwaldes stellen sich in der gegebenen Reihenfolge ein, in manchen Mooren schon am Ende der borealen Epoche. In die subboreale Phase fällt die Einwanderung der Fichte, Buche und Hainbuche, von denen sich indessen die letztere nicht halten konnte; sie ist bloß subfossil nachgewiesen. Einzig die Grenze zwischen subborealen und subatlantischen Schichten findet in den Pollenkurven kein Widerspiel; sie ist bloß stratigraphisch und findet ihren Ausdruck in dem Kontrast zwischen älterem und jüngerem Sphagnumtorf. Prinzipiell wichtig ist, daß die Verschiebung des Pollenbilds (der „Pollenspektren") in den verschiedenen Mooren außerordentlich konform verläuft, so daß es auf diese Weise möglich ist, vergleichende Altersbestimmungen der verschiedenen Horizonte zu machen; so gibt vor allem der Charakter der Grundprobe einen sicheren Anhaltspunkt für die Entstehungszeit des Moores usw. Hierin liegt wohl die Hauptbedeutung der pollenanalytischen Methode, die sicherlich für die Erforschung des Postglacials noch große Dienste leisten wird.

**Zur Entwicklungsphysiologie des Pilzmyzels.** Die Myzelien der Pilze besitzen im allgemeinen die Eigenschaft, auf festen Nährböden Kreisgestalt, in flüssigem Medium Kugelgestalt anzunehmen. Anfangs sind bloß einige divergierende Haupthyphen vorhanden, die später entstehenden Seitenhyphen stellen sich sekundär ebenfalls in die radiale Richtung ein und holen die Haupthyphen im Wachstum ein, worauf sie gleichmäßig mit diesen fortwachsen; dadurch kommt eben das regelmäßige Verbreitungsbild zustande. Mit der Kausalität dieser Erscheinungen beschäftigt sich eine Arbeit von *K. O. Müller* (Beitr. z. allg. Botanik *II*, 1922). Seine Versuche ergeben, daß für die Einstellung der Hyphen keine inneren Faktoren in Frage kommen, sondern daß es sich offenbar um Chemotropismus handelt. Es war dabei sowohl an positiven wie auch negativen Chemotropismus zu denken; positiver Chemotropismus würde besagen, daß die Pilzfäden auf nächstem Wege der Nährstoffquelle zueilen, negativer dagegen, daß sie sich von der Stelle des Verbrauchs und der Stoffwechselprodukte ebenso entfernen. Es konnte gezeigt werden, daß die erste Deutung ausscheidet, da bloß die jungen Hyphen chemotropisch im positiven Sinn zu reagieren vermögen. Dagegen ergab sich, daß die Hyphen durch ihre Stoffwechselprodukte tatsächlich aus ihrer Richtung abgelenkt werden können. So wird verständlich, daß die Tochterhyphen das Bestreben zeigen, sich möglichst parallel zu den Nachbarhyphen einzustellen. Daß sie hierbei die Mutterhyphe im Wachstum einholen, führt *Müller* darauf zurück, daß sie sich noch tiefer im Bereich der Stoffwechselprodukte befinden und die Wachstumsgeschwindigkeit nachweisbar durch diese gesteigert wird. Es liegt hier eine parallele Erscheinung zu der stimulierenden Wirkung der Gifte vor. Der Mangel an positivem Chemotropismus geeigneten Nährstoffen gegenüber wird dadurch ausgeglichen, daß sich das Myzel — an günstigen Stellen des Nährmediums angelangt — sofort viel reichlicher und dichter verzweigt. Schließlich werden noch einige Erfahrungen über die Abhängigkeit der Wachstumsgeschwindigkeit von äußeren Faktoren (Konzentration, Wärme) mitgeteilt.

**Bakteriophagen in den Wurzelknöllchen der Leguminosen.** In neuester Zeit mehren sich von medizinischer Seite die Angaben über ultramikroskopische Organismen, sogen. Bateriophagen, die den Kampf mit Bakterien (Typhus usw.) im menschlichen Körper aufnehmen und so anscheinend bei der Erscheinung des Immunwerdens mitbeteiligt sind[1]). Entsprechende Angaben liegen nun für die Wurzelknöllchen der Leguminosen vor (*Gerretsen*, *Gryns*, *Sade* und *Söhngen*, Centralbl. f. Bakt. und Parasitenkunde, 2. Abt. *60*, 1923). Es gelang, aus dem *Filtrat* zerriebener Wurzelknöllchen Kulturen eines Bakteriophagen zu gewinnen, der Kolonien von Bakterium radicicola, dem Leguminosensymbionten, zum Verschwinden brachte. Er vermag dünne Kollodiumsäckchen zu passieren, ist also wohl auch imstande, in die lebende pflanzliche Zelle durch die Membran einzudringen. Wie nun die verschiedenen Leguminosengattungen vielfach ihre spezifischen Rassen des Bacterium radicicola besitzen, so gilt dies auch von den Bakteriophagen: Bakteriophagen, die aus Klee gewonnen sind, haben keine Wirksamkeit auf Bohnenbakterien, solche, die aus Lupine gewonnen sind, keine auf Kleebakterien usw. Möglicherweise ist der Rückgang der Knöllchenbakterien in älteren Wurzelknöllchen auf die Tätigkeit der Bakteriophagen zurückzuführen — man brauchte dann kein Antitoxinwirkung von seiten der Pflanze anzunehmen. *P. Stark.*

[1]) Vgl. Aufsatz von *Friedemann*, Bd. *9* dieser Zeitschrift, S. 1010.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.